



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES**

**RODOVIAS DE PEDÁGIO ABERTO OU FREE-FLOW:  
PERSPECTIVAS PARA A IMPLANTAÇÃO NO BRASIL**

**SAULO HORTA BARBOSA**

Belo Horizonte, 2013

Saulo Horta Barbosa

**RODOVIAS DE PEDÁGIO ABERTO OU FREE-FLOW:  
PERSPECTIVAS PARA A IMPLANTAÇÃO NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Guimarães Gouvêa

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2013

B238r Barbosa, Saulo Horta  
Rodovias de pedágio aberto ou free-flow [manuscrito]: perspectivas para a  
implantação no Brasil / Saulo Horta Barbosa. — 2013.  
xi, 103 f. , enc. : il.

Orientador: Ronaldo Guimarães Gouvêa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 97-103.

1. Engenharia de transportes – Teses. 2. Pedágio – Teses. I. Gouvêa, Ronaldo Guimarães. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656.03 (043)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### RODOVIAS DE PEDÁGIO ABERTO OU FREE-FLOW: PERSPECTIVAS PARA A IMPLANTAÇÃO NO BRASIL

**SAULO HORTA BARBOSA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES.

Aprovada em 08 de agosto de 2013, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Ronaldo Guimaraes Gouvea - Orientador  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof(a). Leandro Cardoso  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof(a). Antonio Artur de Souza  
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof(a). Silvestre de Andrade Puty Filho  
Grupo Tectran

Belo Horizonte, 8 de agosto de 2013.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida. Pelo que me ensinaram e transmitiram.

Aos meus pais, que são meus grandes exemplos e inspiração, e aos meus familiares, que sempre me apoiaram. À Giulianna, que ao meu lado torna todo desafio uma aventura e me dá forças para continuar sonhando.

Neste mundo, tudo pode aquele que persegue seus sonhos.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Aos mestres da Universidade Federal de Minas Gerais, que se dedicam a formar não só bons engenheiros de transportes, mas indivíduos éticos. Em especial ao meu orientador, professor Ronaldo Gouvêa, não só pelo apoio e dedicação durante o período do mestrado, mas também pelas aulas lecionadas na disciplina Análise de Sistemas de Transportes, que despertaram meu interesse pela área.

À Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP), pelo apoio institucional e disponibilização de dados, que tornaram possível a elaboração desse documento.

Por fim, agradeço à TECTRAN, pelo incentivo e apoio ao ingresso na área de transporte, provendo toda a estrutura necessária ao desenvolvimento de um profissional cujos principais valores são o conhecimento, o compromisso e o respeito. Principalmente ao Silvestre, grande mentor, sempre disponível para dar bons conselhos e orientações e ao Gustavo, parceiro e amigo em que posso sempre confiar.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	V
LISTA DE TABELAS .....	VII
LISTA DE SIGLAS .....	VIII
RESUMO .....	X
ABSTRACT .....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Tema e problema .....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Justificativa e relevância.....	6
1.4. Aspectos Metodológicos .....	6
1.5. Estrutura da dissertação .....	6
2. A EVOLUÇÃO DO PEDÁGIO E DAS CONCESSÕES.....	8
2.1. O Pedágio pelo mundo .....	8
2.2. Histórico do pedágio no Brasil .....	10
2.3. O programa federal de concessões rodoviárias .....	14
2.4. As concessões estaduais de rodovias.....	18
2.5. Participação das concessões na infraestrutura rodoviária brasileira.....	26
2.6. Regulação, equidade e modicidade tarifária.....	29
2.7. A tecnologia nas concessões.....	35
3. O SISTEMA DE RPA .....	39
3.1. Descrição do funcionamento do sistema .....	41
3.1.1. Identificação por radiofrequência.....	45
3.1.2. Identificação por reconhecimento do número da placa.....	45
3.2. Modelos de cobrança .....	47
3.2.1. Controle nos acessos.....	47
3.2.2. Controle por trecho homogêneo .....	48
3.2.3. Mistos .....	49
3.3. Principais benefícios gerados pelo sistema .....	50
3.4. Principais entraves para sua implantação .....	52
3.5. A experiência internacional com o sistema .....	54

3.6.	O que já foi feito no Brasil .....	60
4.	APLICAÇÃO PRÁTICA: MG-050 .....	69
4.1.	Contextualização .....	69
4.2.	Objetivo do estudo de caso .....	71
4.3.	Caracterização atual da rodovia.....	72
4.4.	Evolução da tarifa de pedágio .....	79
4.5.	O modelo de simulação .....	80
4.6.	Resultados.....	86
5.	CONCLUSÕES .....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

## 1 Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura da dissertação.....	7
Figura 2 – Exemplo de lotes concedidos pelo governo federal (corredor) e estadual (rede) ...	20
Figura 3 – Exemplos de painéis de mensagens variáveis em rodovias concedidas .....	36
Figura 4 – Exemplos de <i>callbox</i> e veículos de apoio em rodovias concedidas.....	36
Figura 5 – Exemplos de Centro de Controle Operacional em rodovias concedidas .....	37
Figura 6 – Pórtico e etiqueta eletrônica utilizados na identificação por radiofrequência.....	40
Figura 7 – Pórtico e software utilizados na identificação por reconhecimento de placa.....	40
Figura 8 – Cabine de cobrança eletrônica (AVI) em praça de pedágio.....	41
Figura 9 – Exemplo de pórtico de cobrança de pedágio em uma sistema de RPA .....	42
Figura 10 – Processo de identificação, detecção e fiscalização ocorrido no pórtico.....	43
Figura 11 – Principais aparelhos existentes em um pórtico de tarifação por RFID .....	44
Figura 12 – Exemplos de softwares de reconhecimento de placas.....	46
Figura 13 – Imagens das letras e números utilizados no OCR para reconhecer padrão.....	46
Figura 14 – Modelo de cobrança com pórticos nas entradas e saídas .....	47
Figura 15 – Modelo de cobrança com pórticos em cada trecho homogêneo .....	48
Figura 16 – Esquema de funcionamento do modelo de cobrança misto .....	49
Figura 17 – Modelo de cobrança mista na <i>Interstate 78</i> (EUA) .....	50
Figura 18 – Configuração de laços indutivos para identificação de eixos .....	54
Figura 19 – Foto de via pedagiada em área urbana na Noruega.....	55
Figura 20 – Fotos da <i>Dallas North Tollway</i> (placa de aviso e pórtico).....	56
Figura 21 – Fotos da <i>407 Express Toll Route</i> (placa de sinalização e pórtico).....	57
Figura 22 – Localização das vias urbanas com <i>free-flow</i> em Santiago do Chile .....	57
Figura 23 – Exemplos de pontos de cobrança eletrônica por AVI no país .....	61
Figura 24 – Funcionamento do SINIAV .....	62
Figura 25 – Transmissão de dados do SINIAV para a polícia .....	63
Figura 26 – Localização dos <i>tags</i> do SINIAV nos diferentes tipos de veículos .....	64
Figura 27 – Diferença entre o sistema de cobrança de pedágio tradicional e o <i>free-flow</i> .....	65
Figura 28 – Trecho do “Ponto a Ponto” na Rodovia Santos Dumont (SP-075).....	65

Figura 29 – Localização dos pórticos na rodovia Santos Dumont .....	66
Figura 30 – Pórtico de cobrança do “Ponto a Ponto” e uma praça com faixa exclusiva.....	67
Figura 31 – Localização do trecho da rodovia MG-050 concedido .....	69
Figura 32 – Trechos da MG-050 .....	71
Figura 33 – Localização das Praças de Pedágio na MG-050 .....	74
Figura 34 – Localização dos Analisadores de Tráfego (ATs) na MG-050 .....	74
Figura 35 – Zoneamento utilizado no modelo de simulação.....	81
Figura 36 – Alocação do tráfego da MG050 no modelo de simulação utilizado .....	83
Figura 37 – Custo e distribuição do pedágio na rodovia MG-050 no cenário do <i>free-flow</i> .....	85
Figura 38 – Custo e distribuição do pedágio na rodovia MG-050 na situação atual.....	85
Figura 39 – Mapa da diferença de tráfego entre o cenário atual com praças e o free-flow.....	88

## 2 Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Classificação das condições das rodovias sob gestão pública e privada .....	28
Gráfico 2 – Capacidade por faixa em locais de cobrança de pedágio (por tipo de coleta).....	51
Gráfico 3 – Caminho de migração das operações de cobrança de pedágio.....	51
Gráfico 4 – Variação do VDMA ao longo da rodovia .....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados das concessionárias da 1ª Etapa do PROCOFE.....	15
Tabela 2 – Dados das concessionárias da 2ª Etapa do PROCOFE.....	17
Tabela 3 – Dados das concessionárias de rodovias pedagiadas por governos estaduais.....	21
Tabela 4 – Multiplicadores de eixos calculados e adotados pelo DNER .....	30
Tabela 5 – Exemplos de sistemas viários que adotaram o <i>free-flow</i> .....	59
Tabela 6 – Trechos Homogêneos estabelecidos pelo Edital de Concessão da MG-050 .....	73
Tabela 7 – Correspondência entre Classes dos ATs e Categorias dos Pedágios.....	75
Tabela 8 – Trechos de Influência das Praças de Pedágio .....	75
Tabela 9 – VDMA ao longo do sistema rodoviário em estudo .....	76
Tabela 10 – Tarifa de pedágio por categoria no início da concessão da MG-050 .....	80
Tabela 11 – Trechos considerados para cobrança da tarifa no <i>free-flow</i> .....	84
Tabela 12 – Comparativo do número de eixos passantes em cada trecho da rodovia.....	86
Tabela 13 – Distância percorrida por cada usuário da rodovia por TH.....	89
Tabela 14 – Tarifa paga em reais atualmente por par de TH (inicial e final).....	90
Tabela 15 – Tarifa paga em reais por par de TH (inicial e final) no <i>free-flow</i> .....	90
Tabela 16 – Tarifa quilométrica paga atualmente por par de TH.....	91
Tabela 17 – Diferença percentual na tarifa quilométrica atual e no <i>free-flow</i> por par de TH..	91

## LISTA DE SIGLAS

ABCR – Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias  
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestre  
ARTESP – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo  
AT – Analisador de Tráfego  
AVI – Identificação Automática de Veículos  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
BRT – *Bus Rapid Transit*  
CIDE – Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico  
CMN – Contorno Metropolitano Norte  
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito  
CP – Contraprestação Pecuniária  
DER – Departamento de Estradas de Rodagem  
DF – Distrito Federal  
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito  
DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem  
DSRC – *Dedicated Short range Communication*  
ES – Espírito Santo  
ESAL – *Equivalent Standard Axle Load*  
FENAUTO – Federação Nacional das Associações dos Revendedores de Veículos Automotores  
FND – Fundo Nacional de Desenvolvimento  
FRN – Fundo Rodoviário Nacional  
HCM – *Highway Capacity Manual*  
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículo  
MG – Minas Gerais

NTTA – *North Texas Tollway Authority*  
OBU – *On-board Unit*  
OCR – *Optical Character Recognition*  
OHL – Obrascon Huarte Lain  
ORT – *Open Road Tolling*  
PECR – Programa Estadual de Concessões Rodoviárias  
PER – Programa de Exploração de Rodovias  
PIS – Programa de Integração Social  
PPP – Parceria Público-Privada  
PROCOFE – Programa de Concessões de Rodovias  
RFID – *Radio-frequency identification*  
RJ – Rio de Janeiro  
ROT – Recuperar, Operar e Transferir  
RPA – Rodovia de Pedágio Aberto  
RS – Rio Grande do Sul  
SETOP – Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas  
SC – Santa Catarina  
SINIAV – Sistema de Identificação Automática de Veículos  
SP – São Paulo  
TBP – Tarifa Básica de Pedágio  
TH – Trecho Homogêneo  
VDM – Volume Diário Médio  
VDMA – Volume Diário Médio Anual

## RESUMO

No Brasil, a ampliação dos programas de concessão rodoviária sinaliza a tendência de se financiar as rodovias através da cobrança direta aos usuários. Apesar de promoverem substancial melhoria na conservação/operação das rodovias, os programas de concessão sempre foram questionados em relação às tarifas praticadas. Na busca por um modelo de cobrança de pedágio mais igualitário, avanços tecnológicos nos sistemas de arrecadação vêm sendo empregados ao redor do mundo. Sistemas de identificação automática de veículos (AVI) já permitem a cobrança de pedágio em trechos urbanos com altos volumes de tráfego, ou até mesmo cobrar dos usuários uma tarifa proporcional à distância percorrida. Assim, torna-se possível reduzir o valor básico do pedágio sem alterar o equilíbrio financeiro da concessão, favorecendo sua aceitação pela sociedade. Sistemas de Rodovia de Pedágio Aberto (em inglês *Open Road Tolling*), além de trazerem benefícios gerados pela cobrança automática da tarifa, eliminam a necessidade de paradas dos veículos nas praças de pedágio. Nesse contexto, este trabalho analisa e descreve o funcionamento dos sistemas de Rodovia de Pedágio Aberto (RPA) ou *free-flow* e a possibilidade de utilização dos mesmos como instrumento de promoção da modicidade e equidade tarifária no Brasil. Para tanto, inicialmente é traçado um panorama geral sobre o ambiente socioeconômico e legal das concessões rodoviárias no país, no intuito de verificar possíveis benefícios e entraves existentes para a implantação de sistemas de RPA. O ambiente brasileiro é então comparado a experiências internacionais anteriores, sendo, ainda, apontadas as medidas já tomadas no Brasil para viabilizar a implantação desses sistemas, como o SINIAV e o programa “Ponto a Ponto”, e os principais entraves ainda existentes para sua efetiva aplicação. Por fim, realizou-se um estudo de caso nacional, através da simulação em modelo digital montado no software TransCAD do cenário hipotético de implantação do sistema *free-flow* na rodovia MG050, com a finalidade de investigar possíveis impactos na demanda pagante.

**Palavras-chave:** Concessões rodoviárias; modicidade tarifária; rodovias de pedágio aberto; *free-flow*; MG-050.

## ABSTRACT

In Brazil, the expansion of concession programs shows a tendency to finance roads by charging users directly. Although promoting substantial improvement in the conservation / operation of highways, concessions programs have always been questioned in relation to tariffs values. Searching for a more equitable tolling model, technological advances in charging systems have been employed around the world. Systems for automatic vehicle identification (AVI) already allow tolling on urban passages with high traffic volumes, or even charge users a fee which is proportional to the distance traveled. Thus, it becomes possible to reduce the basic toll amount without changing the financial balance of the concession, making its acceptance easier to users. Besides bringing benefits that are generated by automatic fee collection, Open Road Tolling (ORT) systems eliminate the need to stop the vehicle at toll plazas. In this context, this paper analyzes and describes the operation of Open Road Tolling systems (or free-flow) and the possibility to use them as a tool to promote pricing modicity and equity in Brazil. At first, this research brings an overview of the legal and socio-economic environment of road concessions in Brazil, in order to verify possible benefits and existing barriers to the development of ORT systems in the country. The Brazilian experience is then compared to previous international ones. This study also points out measures taken in Brazil to enable the operation of these systems, such as SINIAV and the program "Ponto-a-Ponto", and the main remaining obstacles to its effective enforcement. At last, it is performed a national case study through a digital simulation model built in software TransCAD. In a hypothetical scenario, the implementation of a free-flow system on the road MG-050 is built in order to investigate potential impacts on its demand.

**Keywords:** Road concessions, tariffs modicity; open road tolling, free-flow, MG-050.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Tema e problema

O pedágio pode ser resumidamente definido como um valor pago ao poder público ou a uma concessionária delegada para a autorização de passagem de um determinado veículo por uma via de transporte, no intuito de garantir o ressarcimento dos custos de construção, manutenção, conservação e operação da mesma.

No Brasil, a instalação de praças de pedágio tem suscitado grandes discussões sobre a natureza jurídica do pedágio e os problemas ocasionados por sua dúbia interpretação (NEPOMUCENO, FLORES, 2005). Alguns juristas consideram os pedágios uma violação por configurarem uma bitributação, uma vez que os motoristas já pagam impostos como o Imposto sobre a Propriedade de Veículos (IPVA), taxa de licenciamento, além da cobrança sobre a compra de combustíveis. Outros alegam que, à luz do direito tributário, o pedágio não pode ser classificado como tributo, pois se trata de um preço público (PESSIN, 2011) cobrado dos usuários da via pelo serviço de conservação e melhoria da infraestrutura ofertada.

De qualquer forma, vale destacar que não há relação entre a arrecadação do IPVA e sua destinação para a conservação de estradas. Trata-se de um imposto e, portanto, seus valores têm livre destinação. A arrecadação com o IPVA, além de ser dividida entre o estado e o município onde o veículo é licenciado, vai para o orçamento geral. Já a CIDE – Combustíveis, que é uma Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico e incide sobre a venda de combustíveis fósseis, apesar de ter sido usada para conservação de rodovias e projetos ambientais (VALADÃO, 2006), conforme destinação especificada em lei, teve suas alíquotas reduzidas gradativamente e zeradas em 2012, no intuito de evitar aumento no preço dos combustíveis.

Entretanto, a cobrança de pedágio e a concessão da administração de uma rodovia, apesar de serem correlatos, não dependem uma da outra e não necessariamente ocorrem juntas. A concessão de rodovias ocorre quando o poder público transfere a administração de um determinado trecho rodoviário para a iniciativa privada (Intervias, 2012). O governo estabelece um período de contrato e define diferentes responsabilidades do concessionário e

normas a serem seguidas, incluindo: (a) serviços a serem oferecidos; (b) cronograma de realização de obras; (c) forma de remuneração (que pode ser, por exemplo, através da cobrança de pedágio ou do recebimento de contraprestação pecuniária); entre outros.

De acordo com a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão, a delegação de um serviço público (tal qual a administração de um trecho de rodovia) pelo poder concedente se dá através de um processo licitatório, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado. O critério de escolha do vencedor depende do modelo adotado. Existem modelos nos quais o governo define uma tarifa máxima para o pedágio e declara vencedora a empresa que oferecer o maior deságio. Em outros, o governo fixa o valor da tarifa e declara vencedor quem oferece o maior valor de outorga pelo direito da administração daquele ativo. No último caso, o valor arrecadado com a outorga é usado pelo Estado para investir em outros projetos de infraestrutura de transportes. Por fim, há modelos mistos, que mesclam deságios tarifários e pagamentos de outorgas e ainda Parcerias Público-Privada (PPP), nos quais o poder público se compromete a pagar uma contraprestação para complementar a arrecadação da concessionária e permitir a cobrança de valores menores nos pedágios, conforme institui a Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004.

Portanto, é possível compreender que existem diversos fatores que influenciam na determinação da tarifa de pedágio a ser praticada em cada concessão. Estes fatores incluem, além do modelo de concessão e da forma de cobrança do pedágio, o volume de tráfego da rodovia, o montante de investimentos previstos no contrato, a carga tributária imposta pelo poder público, o custo de oportunidade de investidores privados e os juros cobrados por instituições de financiamento.

Existem rodovias com cobrança de pedágio em diversos países do mundo, como Alemanha, Argentina, Chile, China, Espanha, Estados Unidos, França, Índia, Inglaterra, Áustria, Itália, Japão, Malásia, México, Peru, Portugal, Suíça, Tailândia e Venezuela. Nestes, observam-se modelos variados de concessão que implicam diretamente a forma e o valor de tarifação dos usuários de rodovias com pedágio. Entretanto, os exemplos apontam a tendência de se cobrar

pelo uso de rodovias, principalmente quando considerada a adoção de modelos associados à gestão privada (SENNA, MICHEL, 2006).

Os programas brasileiros de concessões rodoviárias, apesar de promoverem uma substancial melhoria em termos de infraestrutura viária (segurança e conforto), operação e atendimento aos usuários, sempre foram questionadas em relação às tarifas praticadas. Os usuários, quando consultados sobre o valor do pedágio, contestam o valor do pedágio, porém demonstram satisfação com os serviços prestados pelas concessionárias, revelando que consideram a iniciativa privada melhor administradora de estradas que o governo (SOARES, RIBEIRO, 2007). Contudo, vale ressaltar que o valor médio básico por quilômetro cobrado pelas concessionárias em rodovias brasileiras está bem abaixo dos praticados internacionalmente (CASTRO, 2000).

Souza (1997) destaca que uma das maiores dificuldades do processo de licitação de concessões rodoviárias está na formação do preço, que consiste basicamente em se definir qual tarifa o usuário irá pagar para cobrir os custos de operação e manutenção da infraestrutura disponível. Isso fica evidente no atual contexto nacional, em que diferentes modelos de cobrança estão sendo testados, através dos distintos programas (federal, estaduais, municipais) em andamento, com o objetivo comum de se conceder lotes com a menor tarifa possível e que sejam financeiramente viáveis, para que o setor privado não perca o interesse em investir seu capital.

O uso de novas tecnologias é uma alternativa viável para a redução das tarifas praticadas nas concessões de rodovias nacionais. Através de sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (chamados, em inglês, de sistemas de *Open Road Tolling* ou, comumente, *free-flow*), torna-se possível fazer a cobrança da tarifa de forma automática e apenas em relação à distância efetivamente percorrida por cada veículo, além de eliminar a necessidade de paradas nas praças de pedágio.

Os Sistemas de Identificação Automática de Veículos (AVI<sup>1</sup>) são uma tendência mundial e podem contribuir para uma maior equidade na tarifação (usuários iguais devem pagar o

---

<sup>1</sup> Do inglês *Automatic Vehicle Identification*.

mesmo valor pela mesma quantidade de serviço consumido) além de reduzir o valor básico através do aumento da base de usuários pagantes. Isso, tornando o sistema mais justo e favorecendo sua aceitação pela sociedade. Para tanto, se faz necessária a instalação de pórticos especiais, espalhados pela rodovia ou localizados em todas as entradas e saídas, que fazem a leitura de sinais emitidos por placas eletrônicas de identificação do veículo.

Sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA) já funcionam em diversos países como Noruega, Estados Unidos, Singapura e Chile. São uma possibilidade real e tão próxima do Brasil que algumas medidas já começam a ser tomadas neste sentido.

A publicação da Resolução Nº 212 de 13 de Novembro de 2006 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) dispõe sobre a implantação do Sistema de Identificação Automática de Veículos (SINIAV) em todo o território nacional e evidencia a intenção do poder público de utilizar sistemas AVI para fiscalizar a frota nacional e controlar/restringir o tráfego em determinados locais, tais como áreas urbanas, por exemplo.

No que tange à iniciativa privada, o “Sem Parar” é um serviço de pagamento eletrônico de pedágios e estacionamentos conveniados em funcionamento no país há mais de dez anos e com mais de três milhões de veículos cadastrados. Através dele, veículos credenciados portadores de uma “placa eletrônica” (ou *tag*), que trafegam por rodovias concedidas ou param em estacionamentos privados, são identificados por frequência de rádio (RFID<sup>2</sup>) e cobrados posteriormente através de boletos bancários, cartão de crédito ou débito em conta corrente.

Outra iniciativa de destaque é o início do período de testes do “Ponto a Ponto”, projeto piloto de um novo modelo de pagamento de pedágio por trecho percorrido desenvolvido pelo Governo do Estado de São Paulo. O sistema, que utiliza os preceitos de sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto e já funciona desde junho de 2012 na Rodovia Santos Dumont (SP-075), no trecho entre Itu e Campinas, integra uma política de transportes que, segundo a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados de Transporte do Estado de São Paulo (2012), trará uma tarifa mais justa ao usuário. O projeto prevê a instalação de pórticos fixos, em

---

<sup>2</sup> Do inglês *Radio-frequency identification*.

pontos estrategicamente definidos nas rodovias, que fazem a leitura dos *tags* afixados nos veículos e automaticamente debitam o valor do pedágio.

Ao desenvolver sistemas mais eficientes de preço para sustentar o fluxo de pessoas, bens e ideias, o Brasil pode se tornar mais competitivo em relação a regiões mais desenvolvidas que não tiverem sistemas tão eficientes (Banco Mundial, 2007 *apud* ROSA *et al*, 2009).

## 1.2. Objetivos

Este trabalho tem como principal meta analisar e descrever o funcionamento dos sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA) ou *free-flow* como instrumento de promoção da equidade tarifária no Brasil, através das diferentes possibilidades geradas pela cobrança eletrônica do pedágio, como, por exemplo, a tarifação somente pela distância efetivamente percorrida e o possível aumento do número de veículos pagantes. Em seguida, é realizado um estudo de caso em uma rodovia nacional, no intuito de investigar possíveis impactos na demanda pagante com o uso desse sistema.

Dentro da meta proposta, como objetivos específicos, espera-se:

- ✓ Traçar um panorama geral sobre o ambiente socioeconômico e legal das concessões rodoviárias no Brasil, no intuito de verificar possíveis benefícios gerados pela adoção de sistemas de RPA e entraves existentes para sua implantação e funcionamento pleno;
- ✓ Descrever as experiências internacionais de utilização de sistemas de RPA, apontando os principais aspectos tratados quando da sua implantação e suas implicações e consequências;
- ✓ Apontar quais medidas já foram ou estão sendo tomadas no país no sentido de viabilizar a implantação de novas tecnologias como o sistema de RPA e analisar seus respectivos impactos;
- ✓ Ampliar a escassa bibliografia nacional sobre o tema, de forma que a mesma possa ser utilizada como referência para futuros trabalhos a serem desenvolvidos na área.

### **1.3. Justificativa e relevância**

Os sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA) já são uma realidade e possuem potencial para gerar grandes mudanças nas políticas de tarifação pela utilização de infraestruturas viárias aplicadas atualmente no país. Neste sentido torna-se importante delimitar as perspectivas de implantação dessa tecnologia no Brasil, bem como exemplificar os possíveis efeitos de sua aplicação através de um estudo de caso de uma aplicação prática, melhorando seu entendimento e aceitação pela comunidade em geral.

Além disso, devido à escassez de literatura nacional sobre o tema em questão, esta pesquisa poderá ser utilizada como referência por aqueles interessados em sistema de Rodovias de Pedágio Aberto ou *free-flow*, uma vez que expõe e atualiza os principais aspectos relacionados ao mesmo.

### **1.4. Aspectos Metodológicos**

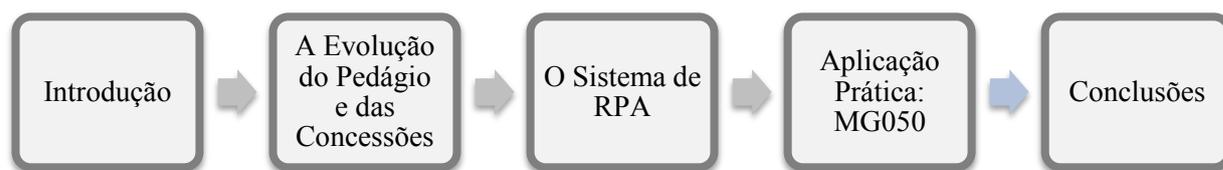
Esta dissertação trata de uma pesquisa eminentemente:

- ✓ Descritiva, na medida em que se expõem as características dos sistemas de cobrança em Rodovias de Pedágio Aberto;
- ✓ Explicativa, pois tem por fim investigar os fatores que incentivam sua implantação e expor as barreiras ainda remanescentes para tanto e;
- ✓ Documental e bibliográfica, porque tem como base e objetivo específico reunir documentos de órgãos públicos e privados já escritos sobre o tema, além da experiência prática observada e de quaisquer outras bases de dados obtidas que possam subsidiar análises relevantes.

Já para o estudo de caso da aplicação prática, a metodologia de análise utilizada será descrita em tópico específico deste documento.

### **1.5. Estrutura da dissertação**

A seguir, apresenta-se a estrutura do trabalho, composto por outros quatro capítulos além deste, conforme ilustra a Figura 1.



**Figura 1 – Estrutura da dissertação**

No Capítulo 2 – A Evolução do pedágio e das concessões – é apresentada a revisão de literatura sobre os temas que precedem o assunto tratado neste estudo. São trazidos os principais enfoques e características da concessão de rodovias, dos modelos de cobrança de pedágio e dos avanços tecnológicos para controle do tráfego.

No Capítulo 3 – O Sistema de RPA – é descrito o Sistema de Rodovias de Pedágio Aberto, destacando seu funcionamento, principais características, possíveis benefícios gerados e entraves existentes para sua implantação. Além disso, também é traçado um panorama do cenário internacional no que concerne a tecnologia.

No Capítulo 4 – Aplicação prática: MG-050 – é realizado um estudo de caso sobre os efeitos da implantação de um sistema de RPA na demanda de tráfego e na arrecadação do pedágio de uma rodovia concedida atualmente sob o modelo tradicional de cobrança.

Por fim, o Capítulo 5 – Conclusões – é destinado à exposição das conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, com a apresentação de recomendações para futuros trabalhos que venham aprofundar o conhecimento sobre o assunto tratado.

## 2. A EVOLUÇÃO DO PEDÁGIO E DAS CONCESSÕES

### 2.1. O Pedágio pelo mundo

Governos, empresas privadas e outras organizações ligadas à promoção do transporte devem levantar grandes quantias, a fim de pagar pela construção, operação e manutenção de redes viárias.

Ao longo da história, diferentes mecanismos de financiamento têm sido empregados na construção de infraestrutura de transporte, entre os quais destacam-se: cobrança sobre os usuários através de tributação direta ou imposição de tarifas de utilização (pedágios, tarifas de embarque e impostos sobre combustível e propriedade de veículo) e receitas de fontes gerais, que compreende incentivos financeiros ou regulamentares em direção ao fornecimento de infraestrutura (impostos sobre propriedade territorial, imposto de renda, impostos sobre vendas, multas, doações, loterias públicas, etc.).

A instituição do pedágio como fonte de financiamento remonta a priscas eras. Há registros sobre cobrança dos viajantes nas estradas entre Síria e Babilônia há 4 mil anos. Também os incas construíram estradas convergentes para Cuzco, entre a atual Colômbia e o Sul do Chile, através da Cordilheira dos Andes, e cobravam pedágio (SENNA, MICHEL, 1998). No Império Romano a denominação comumente utilizada para o pedágio era *portorium*. Na Idade Média, a cobrança também era prática comum, feita pelos senhores feudais nas estradas de seus domínios. Na França chamava-se *péage* – origem do termo em português.

Ao longo dos séculos XVII, XVIII e XIX, o pedágio ganhou força ao redor do mundo como alternativa para angariar recursos para construção e conservação de estradas, impulsionando a ampliação e melhoria do sistema viário de vários países, principalmente em função do crescimento expressivo do uso do automóvel.

Na Inglaterra a cobrança era intensa até o século XVIII, pela Coroa Britânica, que conservava as estradas. De acordo com Mumford (2000), a intenção do governo britânico ao implantar o pedágio nas rodovias foi promover o uso consciente dos veículos, mostrando aos motoristas os custos reais de utilização das estradas. Isto porque o sistema de tributação através de impostos negligencia o fato de diferentes usuários causarem graus de custos sociais distintos,

dependendo do local, período e forma de utilização da infraestrutura. Dessa forma, para que haja credibilidade em programa desta natureza, a definição da tarifa a ser cobrada exige uma avaliação realista dos custos sociais, de modo que as pessoas possam ver uma relação clara entre o que pagam e o custo dos recursos que consomem ou os custos que impõem aos outros.

Nos Estados Unidos da América, a primeira estrada foi construída sob o regime de pedágio em 1792, na Pensilvânia. Daí em diante, o pedágio ajudou a impulsionar a construção do sistema viário norte-americano. Os EUA, apesar de não terem uma experiência muito significativa na área de concessões rodoviárias, possuem diversas rodovias com pedágio (conhecidas como *Turnpikes*) administradas por agências governamentais.

Na França, muitas obras públicas foram viabilizadas pelo pedágio. O programa francês de implantação de rodovias é um exemplo da busca contínua em dar solução à questão do transporte regional em países desenvolvidos através da cobrança direta aos usuários. Ele ampliou, em sucessivas etapas, sua rede de autoestradas, partindo de uma extensão de 50 km, em 1961, para cerca de 6.000 km em 1992 (ANEOR, 1993 *apud* BROCHADO, 2008). Assim, o país se destaca por sua experiência em cobrança de pedágios em rodovias, tanto sob regime de concessão pública quanto privada, tendo se tornado um modelo para outros países. Durante os anos 70, houve um processo de falências e encampações do Estado no qual riscos mercadológicos impactaram decisivamente o equilíbrio-econômico financeiro das concessões. Atualmente, as autoestradas francesas continuam tendo pedágios e são operadas por oito companhias, sendo apenas uma privada.

Desde 2000, a Ásia Oriental tem sido marcada pelo crescimento dos investimentos privados em rodovias com pedágio (PPIAF, 2009). O governo indiano, após anos de hesitação quanto à participação privada no desenvolvimento de infraestrutura, observou que a estruturação de Parcerias Público-Privadas (PPPs) possibilitaria a mobilização dos recursos necessários. Para isso, a Índia buscou uma política que fosse conveniente ao investidor dando incentivos para o investimento em larga escala, e ao mesmo tempo proporcionando adequadas verificações e balanços através da transparência, da competição e da regulação (POSTIGO, 2008 *apud* ROSA *et al*, 2009).

A China, por sua vez, apresentava apenas 20% de sua extensão rodoviária pavimentada no início da década de 2000. A necessidade de mais e melhores rodovias fez com que o governo,

que anteriormente era resistente à ideia de investimento privado, apoiasse o financiamento de rodovias através de pedágio, desenvolvendo políticas para a fixação de tarifas e isenção de impostos (SENNA, MICHEL, 2006). Atualmente, o país possui uma vasta rede de rodovias pedagiadas com 20.000 km, além do maior mercado de projetos em PPP de países em desenvolvimento.

Novamente no que tange à Europa, países como Áustria, República Tcheca, Hungria e Suíça não possuem rodovias com pedágios, mas os motoristas que pretendem utilizá-las precisam pagar uma taxa que dá direito ao uso das estradas. Um adesivo ou chip comprova o pagamento e veículos trafegando em rodovias sem estes dispositivos válidos estão sujeitos a multas severas.

Por fim, ressalta-se que ainda existem países no mundo que adotam um modelo de financiamento rodoviário baseado na aplicação de recursos oriundos de receitas gerais, aí incluídas algumas derivadas da tributação de usuários, porém sem que haja vinculação entre elas (CASTRO, 2000). A Alemanha, reconhecida por suas excelentes rodovias, não praticava a cobrança de pedágios e financiava os seus programas rodoviários por meio de tributos gerais, com poucos encargos recaindo diretamente sobre os usuários de rodovias. A partir de 2005, passou a cobrar pedágio de caminhões pelo uso de suas rodovias. Atualmente, seu sistema de tarifação é considerado um modelo, principalmente no que diz respeito à aplicação de novas tecnologias.

## **2.2. Histórico do pedágio no Brasil**

No Brasil o pedágio foi formalmente instituído na Constituição de 1946 como taxa (ou tributo), fato que gerou diversos pareceres, 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 a possibilidade de bitributação e inconstitucionalidade (SENNA, MICHEL, 1998).

Apesar de a instituição formal no país ser relativamente recente, destaca-se a existência de institutos de cobrança semelhantes ao pedágio desde os primórdios da colonização. No período colonial, por exemplo, havia cobrança pelo direito de passagem sobre os rios. Já no

período imperial, era cobrado pedágio de carroças e diligências que utilizavam a Estrada União e Indústria (NEPOMUCENO, FLORES, 2005).

De acordo com Magalhães (2007), o nome “Estrada Real” era designado para denominar os caminhos de propriedade da Coroa Portuguesa no Brasil. Durante longo tempo, elas foram as únicas vias autorizadas de acesso à região das jazidas, para circulação de pessoas, mercadorias, ouro e diamantes. Constituíam-se crime de lesa-majestade a abertura de novas rotas diferentes daquelas estipuladas e fiscalizadas pela coroa. Nelas, eram colocados postos de fiscalização e controle, denominados registros, em locais estratégicos das estradas, como desfiladeiros e margens dos rios. Os registros eram de quatro tipos: registros do ouro, que fiscalizavam o transporte do metal e cobravam o quinto; registros de entradas, que cobravam pelo tráfego de pessoas, mercadorias e animais; registros de demarcação diamantina, responsáveis pela cobrança dos direitos de entrada na zona diamantífera e pela repressão ao contrabando; e contagens, que taxavam o trânsito de animais.

No século XVIII, tropeiros recolhiam gado no sul do país para levá-los por terra, em grandes tropas, à feira de Sorocaba, na Capitania de São Paulo. Entretanto, a Coroa Portuguesa só autorizaria a abertura da Rota dos Tropeiros se tivesse lucro. Para tanto foram estabelecidos postos de registros, que podem ser comparados aos pedágios da atualidade. Havia, pelo menos, três locais que faziam essa taxaço: no Rio Pelotas (entre SC e RS), no Rio Iguaçu (entre as cidades paranaenses de Lapa e Balsa Nova) e em Sorocaba (SP). E o preço cobrado era alto: 20% do total do gado, que deveria ser pago em espécie para a coroa (MILLAN, 2011).

No período imperial, com o surgimento da primeira estrada de rodagem no país, construída por Mariano Procópio Ferreira Laje por meio de concessão, adquiriu-se o direito à cobrança de pedágio das carroças e diligências que utilizavam a Estrada União e Indústria (SAVARIS, 2008), por força de decreto do governo imperial. Em 1848, a Província de Minas Gerais já havia autorizado a contratação de investidor privado para a construção e exploração econômica de ponte sobre o Rio São Francisco.

Entretanto, o advento das estradas de ferro, na segunda metade do século XIX, determinou a decadência das vias submetidas à cobrança de pedágio, de maneira que este método de financiamento de rodovias voltaria à cena no país apenas um século depois.

Após a Proclamação da República, ocorreu uma subsequente expansão da malha rodoviária nacional. Como em outras áreas de infraestrutura, o Estado assumiu a execução de obras desde o final da década de 1940, financiando-as através dos fundos nacionais com recursos destinados para esta finalidade (MACHADO, 2005). Mesmo assim, buscando absorver o avanço mundial do desenvolvimento do setor rodoviário, a Constituição de 1946 já contemplou, de forma inédita, a possibilidade de cobrança de pedágio (SAVARIS, 2008).

Entre as décadas de 40 e 80, o Fundo Rodoviário Nacional (FRN) destinava tributos especificamente à manutenção e ampliação de rodovias, permitindo o desenvolvimento do setor rodoviário nacional. Entretanto, com a criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento (FND), para o qual os recursos foram progressivamente transferidos (IPEA, 2010), e a extinção do FRN pela Constituição Federal de 1988 (que vedou a vinculação das receitas de impostos a um determinado setor), esse arranjo financeiro perdeu força. Esta regra vale atualmente para o IPVA, por exemplo. Por se tratar de um imposto, não há relação direta entre a arrecadação do IPVA e uma possível destinação para a conservação de estradas.

Devido a problemas financeiros e modificações no sistema nacional de financiamento, no final da década de 1960, o Estado passou a avaliar a alternativa de cobrança de pedágio dos usuários, prevista na constituição, como forma de aumentar o volume de investimentos (BLANK, 2008). Neste mesmo período, o pedágio já havia sido cobrado em estados como Bahia, na estrada Itabuna – Ilhéus, e Rio Grande do Sul, na estrada Porto Alegre - São Leopoldo (MEIRELLES, 1971 *apud* SAVARIS, 2008).

Em meados dos anos 1980, os investimentos governamentais já eram insuficientes para atender às demandas do setor rodoviário (BLANK, 2008), que como os demais serviços públicos, vinha sofrendo deterioração desde a década de 1970. A queda dos investimentos públicos em infraestrutura de transporte, desde a década de 70, impactou negativamente o provimento de infraestrutura rodoviária no país e na manutenção da malha existente. A inexistência de fontes de recursos vinculados e as novas obrigações definidas pela Constituição Federal de 1988 com a extinção do Imposto Único Federal sobre Combustíveis e Lubrificantes Líquidos e Minerais, que tinha sua arrecadação vinculada ao financiamento do setor, contribuíram significativamente para a redução nos investimentos públicos em transportes.

Segundo Firmino e Wright (2001), até a Constituição de 1988, os pedágios rodoviários no Brasil eram cobrados em algumas das principais ligações, inclusive na Ponte Rio-Niterói, sendo operados pelo governo, na maioria das vezes de forma deficitária.

Em 1969, uma decisão do governo do estado de São Paulo concedia à Dersa, empresa estatal fundada naquele ano, o direito de explorar o uso da rodovia Anchieta, via construída na década de 1940 e já saturada à época, com a finalidade de proceder aos estudos de implantação, projeto e construção de uma nova ligação entre São Paulo e a Baixada Santista. Este mesmo procedimento possibilitou a construção das rodovias dos Bandeirantes (segunda ligação entre São Paulo e Campinas), em 1978, e dos Trabalhadores (segunda ligação entre São Paulo e São José dos Campos), em 1982.

Destaca-se ainda a tentativa frustrada de generalizar o pedágio com a instituição do selo-pedágio na área federal, após a promulgação da Constituição de 1988. O selo-pedágio implicava a aquisição de um selo pelos usuários que trafegavam em rodovias federais, tinha validade de um mês e daria o direito de ir e vir quantas vezes fosse necessário (IPEA, 2011). O selo foi extinto já em 1990, em função de resultados inexpressivos, e essa antiga forma de cobrança não foi reestabelecida.

Outro recurso importante para o financiamento de programas de infraestrutura de transportes nos últimos anos foi a CIDE (Contribuição de Intervenção sobre o Domínio Econômico) – Combustíveis. Criada pelo governo em 2001, através da Lei 10336/01, é um tributo regulatório que incide sobre a importação e a comercialização de petróleo, gás natural e álcool etílico – tem, portanto, arrecadação vinculada às destinações especificadas por lei. De 2003 a 2008, a CIDE respondeu por 86% de tudo o que foi investido pelo poder público no setor. Entretanto, no intuito de evitar aumento no preço dos combustíveis e incentivar a indústria automobilística, as alíquotas foram reduzidas gradativamente, sendo extintas em 2012.

Dessa forma, a alternativa adotada para se tentar superar o problema passou a ser aumentar a participação do setor privado no investimento em infraestrutura rodoviária. A partir da década de 1990, verificou-se no país uma onda de ações políticas que se voltavam para reduzir o papel do Estado na execução de obras e serviços públicos. No caso das rodovias, este direcionamento foi primordial para a disseminação e intensificação do pedágio pelo Brasil, com a adoção do regime de concessão à iniciativa privada.

Em 1995, deu-se início ao processo de delegação, mediante concessão, para a conservação e exploração de rodovias. Sancionada a Lei nº 8.987/95, que trata do regime de concessão de serviços públicos, foram assinados os contratos de concessão das primeiras rodovias federais.

### **2.3. O programa federal de concessões rodoviárias**

Em 2011, o Brasil entrou no sexto mandato de governo federal e quinto de governos estaduais após o início das concessões de rodovias, um processo que começou em 1993 com as primeiras licitações no governo do presidente Itamar Franco, tendo como base legislação específica criada na gestão de José Sarney (ABCR, 2011).

O Programa de Concessões de Rodovias Federais (PROCOFE) começou a ser implantado na década de 1990, com a licitação de cinco trechos que já tinham cobrado pedágio anteriormente diretamente pelo Ministério dos Transportes e que possuíam Volumes Diários Médios (VDMs) elevados, com uma extensão de total de 858,6 km. Concomitantemente, mais estudos eram realizados para identificar outros segmentos considerados técnica e economicamente viáveis para inclusão no Programa (ANTT, 2012). Isso permitiria um nível de risco aceitável para se testar o modelo visando à deflagração, no futuro, de um programa mais ambicioso (BNDES, 2001).

A apesar da Lei nº 8.987 de 95 e do grande interesse despertado pelo setor privado, o processo se arrastou por cerca de três anos, notadamente por não haver um ambiente institucional, regulatório e jurídico bem definido que desse maior viabilidade à proposta. Assim, somente em 1995 o governo brasileiro iniciou o PROCOFE. O vencedor da licitação foi escolhido pelo critério de menor tarifa de pedágio, com prazos de exploração prefixados e com base em um plano de investimentos que contemplava obras de restauração e de ampliação da capacidade, além de prestação de serviços de operação, conservação e manutenção do trecho concedido. Parte dessas obrigações deveria inclusive ser cumprida em tempo prévio ao início da cobrança de pedágio, em um programa intensivo inicial de recuperação da rodovia (SOARES, NETO, 2006).

A primeira rodovia a ser licitada, em 1995, na modalidade Recuperar, Operar e Transferir (ROT), foi a BR-040/MG/RJ, no trecho de Juiz de Fora ao Rio de Janeiro. No ano seguinte, se deu a concessão da Rodovia Presidente Dutra (trecho da BR-116/RJ/SP entre Rio de Janeiro e

São Paulo), além da Ponte Rio-Niterói e do trecho da BR-116/RJ ligando o Rio de Janeiro a Além Paraíba. O quinto lote licitado, ainda em 1996, refere-se ao trecho Osório - Porto Alegre - Acesso Guaíba.

Com a promulgação da Lei número 9.277, de maio de 1996 (denominada Lei das Delegações), criou-se a possibilidade de estados e municípios solicitarem a delegação de trechos de rodovias federais para incluí-los em seus Programas de Concessão de Rodovias. A Portaria nº 368/96, do Ministério dos Transportes, estabeleceu os procedimentos para tais delegações dentre outras definições e, entre 1996 e 1998, foram assinados Convênios de Delegação com os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais.

Em 2002, o Polo Rodoviário de Pelotas, inicialmente constante do Programa de Concessões do Estado do Rio Grande do Sul, passou a integrar o quadro de rodovias federais concedidas. Ao passar para a esfera federal, o respectivo contrato de concessão foi objeto de termo aditivo, ampliando a extensão do lote de 551,5 km para 623,8 km, com a inclusão do segmento da BR-116/RS até o município de Jaguarão. Após a inclusão do polo, a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) passou a regular um total de 1.482,4 km de rodovias (BARBO *et al*, 2010). Este pacote, composto de seis lotes, é conhecido como 1ª Etapa do Programa Federal de Concessões (PROCOFE) e está detalhado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Dados das concessionárias da 1ª Etapa do PROCOFE**

Concessionárias da 1ª Etapa do PROCOFE			
Rodovias	Segmento Rodoviário	Concessionária	Extensão
BR-116/RJ/SP	Rio de Janeiro - São Paulo	NovaDutra - Concessionária da Rodovia Presidente Dutra S/A	402,0
BR-101/RJ	Ponte Presidente Costa e Silva	Ponte - Ponte Rio Niterói S/A	13,2
BR-040/MG/RJ	Juiz de Fora - Petrópolis - Rio de Janeiro	Concer - Companhia de Concessão Rodoviária Juiz de Fora – Rio	179,9
BR-116/RJ	Além Paraíba - Teresópolis - Rio de Janeiro	CRT - Concessionária Rio - Teresópolis S/A	142,5
BR-290/RS	Osório - Porto Alegre - Acesso Guaíba	Concepa - Concessionária da Rodovia Osório - Porto Alegre S/A	121,0
BR-116/RS BR-293/RS BR-392/RS	Camaquã - Jaguarão Bagé - Pelotas Santana da Boa Vista - Rio Grande	Ecosul - Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S/A	623,8
Total			858,6

Fonte: Próprio autor a partir de dados da ABCR (2012)

Inicialmente, haviam sido analisados pelo governo federal aproximadamente 18.060 km de rodovias, dos quais 11.190 km foram considerados viáveis para concessão e 6.870 km viáveis somente para a concessão dos serviços de manutenção. Entre 1997 e 1998, essas premissas foram revistas, mediante empréstimos externos ou dotações orçamentárias do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), incluindo-se no programa trechos que estavam em obras de duplicação (BR-381/MG/SP entre Belo Horizonte e São Paulo, bem como todo o Corredor da BR-116/SP/PR, BR-376/PR e BR-101/SC, entre São Paulo, Curitiba e Florianópolis), e excluindo outros trechos, que eram objeto de programas de restauração e ampliação de capacidade (ANTT, 2012).

Após essa revisão, em fevereiro de 2006, foram publicados os editais do leilão de sete lotes de rodovias federais, integrantes da 2ª Etapa - Fase I do Programa de Concessões Rodoviárias. As principais mudanças observadas em relação à 1ª Etapa foram a introdução do conceito de obras e serviços obrigatórios e não obrigatórios e a previsão de revisão ordinária e quinquenal, com vistas a possibilitar o reposicionamento tarifário e o compartilhamento dos ganhos de produtividade e eficiência com os usuários. Os sete lotes licitados na Fase I da 2ª Etapa foram: o trecho paulista da BR-153; o segmento da BR-116 entre Curitiba e a divisa de SC e RS; o trecho da BR-393 entre Volta Redonda (RJ) e a divisa entre RJ e MG; a BR-101 no intervalo entre a Ponte Rio-Niterói e a divisa de RJ e ES; o segmento da BR-381 entre Belo Horizonte e São Paulo; a BR-116 no trecho entre São Paulo e Curitiba; além do sistema das rodovias BR-116/376/101 entre Curitiba e Florianópolis.

A 2ª Etapa do PROCOFE foi finalizada em 2009, com sua Fase II, quando foi assinado o contrato do trecho compreendido pelas rodovias BR-116/324, no estado da Bahia. Os oito lotes concedidos na 2ª Etapa são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Dados das concessionárias da 2ª Etapa do PROCOFE**

Concessionárias da 2ª Etapa do PROCOFE			
Rodovias	Segmento Rodoviário	Concessionária	Extensão
BR-153/SP	Divisa MG/SP - Divisa SP/PR	Transbrasiliana Concessionária de Rodovias S/A	321,6
BR-116/PR/SC	Curitiba - Divisa SC/RS	Autopista Planalto Sul S/A	412,7
BR-393/RJ	Divisa MG/RJ - Entroncamento BR-116 (Via Dutra)	Rodovia do Aço S/A	200,4
R-101/RJ	Divisa RJ/ES - Ponte Presidente Costa e Silva	Autopista Fluminense S/A	320,1
BR-381/MG/SP	Belo Horizonte - São Paulo	Autopista Fernão Dias S/A	562,1
BR-116/SP/PR	São Paulo – Curitiba	Autopista Régis Bittencourt S/A	401,6
BR-116/PR BR-376/PR BR-101/SC	Curitiba – Florianópolis	Autopista Litoral Sul S/A	382,3
BR-116/BA BR-324/BA	Divisa MG/BA - Feira de Santana Feira de Santana – Salvador	ViaBahia Concessionária de Rodovias S/A	680,7
Total			3.281,5

Fonte: Próprio autor a partir de dados da ABCR (2012)

Em janeiro de 2012, deu-se início à 3ª Etapa do Programa de Concessões Federal, com a licitação do sistema rodoviário da BR-101/ES/BA, entre o entroncamento com a BA-698, no acesso ao município de Mucuri (BA), e a divisa ES/RJ. Abrangendo uma extensão de 475,9 km, este projeto, que originalmente integrava a Fase II da 3ª Etapa do PROCOFE, deu-se antes dos outros lotes previstos na Fase I dessa etapa devido a impedimentos impostos durante a análise do Tribunal de Contas da União. O vencedor da licitação foi o consórcio Rodovia da Vitória, porém o contrato só foi assinado com a ANTT um ano e três meses após o leilão (em abril de 2013) em decorrência de questionamentos formulados pelo segundo colocado acerca de informações técnicas do plano de negócios apresentado pelo vencedor.

Mesmo com o impasse para a assinatura do contrato da BR-101/ES, o governo federal espera conceder nos próximos meses outros nove lotes de rodovias. A BR-040, entre Brasília e Juiz de Fora, e o trecho mineiro da BR-116 (integrantes da Fase I da 3ª Etapa) já tiveram suas respectivas minutas de editais publicadas, no entanto, prevendo questionamentos de possíveis interessados quanto às premissas adotadas no estudo de viabilidade, as mesmas estão sendo revisadas pela ANTT.

Além destes, também já foram anunciados outros sete lotes que compõem a Fase III da 3ª Etapa. São eles: BR-101BA, com 772 km; BR-262ES/MG, com 377 km; BR-153GO/TO, com 752 km; BR-050GO/MG, de 426 km; BR-163MT, de 822 km; BR-163/267/262MS, com 1.423 km; e BR-060/153/262DF/GO/MG, com 1.177 km. A licitação destes sete novos lotes de concessão está prevista para o segundo semestre de 2013.

Até o presente momento, a ANTT administra 15 concessões de rodovias, totalizando mais de quatro mil e quinhentos quilômetros, sendo cinco concessões contratadas pelo Ministério dos Transportes, entre 1994 e 1997; uma pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul em 1998 (Polo Rodoviário de Pelotas, como dito anteriormente); sete concessões referentes à Fase I da 2ª Etapa do PROCOFE; uma referente à Fase II da 2ª Etapa; e outra à Fase II da 3ª Etapa.

As concessões federais são caracterizadas por sistemas de pedágio do tipo aberto, com praças de cobrança em forma de barreira, em média a cada 80 km, com tarifação bidirecional. A tarifa do pedágio tem base quilométrica e é diferenciada por categoria de veículos conforme o número de eixos. O reajuste anual da Tarifa Básica de Pedágio (TBP) é calculado com base na variação de uma cesta de índices, na qual se inclui o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). À concessionária cabe o risco de tráfego e os quantitativos dos serviços. Existe ainda a possibilidade de a concessionária receber receitas acessórias que são utilizadas na redução da tarifa. A manutenção do equilíbrio econômico-financeiro pela TIR está garantida no contrato de concessão, e a revisão de tarifa pode ser feita de forma ordinária ou extraordinária, sempre que houver aumento ou redução nos encargos da concessionária (MUCCI, 2011).

Além disso, para a regulação dos serviços da concessionária, são utilizados os parâmetros definidos no Programa de Exploração de Rodovias (PER). Esse instrumento subsidia todas as concessões realizadas pelo governo federal e contempla todas as obras e serviços a serem realizados pela concessionária no período da concessão, estando dividido em duas fases: trabalhos iniciais e recuperação.

#### **2.4. As concessões estaduais de rodovias**

Como ressaltado por Senna e Michel (2006), a falta de fontes apropriadas de financiamento para os investimentos em rodovias também pôde ser percebida em nível estadual. Assim, nas

últimas duas décadas, também ocorreu a implantação dos programas estaduais de concessões de rodovias. Entretanto, os modelos adotados assumiram variações em relação à modelagem federal no que diz respeito ao tipo de licitação, face à posição momentânea dos respectivos governos. Essas variações se deram mesmo com a Lei de Concessões de 1995, que estabeleceu as regras gerais para nortear as relações entre o poder concedente e as concessionárias de serviço público.

Enquanto no caso federal foi adotado o critério de menor valor da tarifa, em alguns estados, como Rio de Janeiro e São Paulo, pelo menos de início, foi utilizado para seleção da melhor proposta a que conduzisse o maior pagamento de ônus da concessão, considerando os investimentos previstos nos editais. Já em outros, como Paraná e Rio Grande do Sul, foi declarada vencedora a proposta que alcançasse maior extensão de trechos a serem mantidos além dos obrigatórios. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2001) cita como principal desvantagem desse último modelo o fato de ele não ter por objeto maior a modicidade das tarifas para um determinado nível de serviço, mas ressalta a vantagem em termos da homogeneização da tarifa e do alcance da malha concedida.

Vale destacar que os programas estaduais, principalmente os do sul do país, também introduziram o conceito de redes (lotes), diferentemente das concessões federais, em que as rodovias eram tratadas de forma isolada. A Figura 2 a seguir ilustra essa diferença, mostrando o lote da Rodovia Fernão Dias (BR-381), concedida pelo governo federal, e o lote 06 do PCR de São Paulo (SP-330, SP-147, SP-352, SP-191, SP-215), concedido pelo governo estadual.

Fonte: Próprio autor

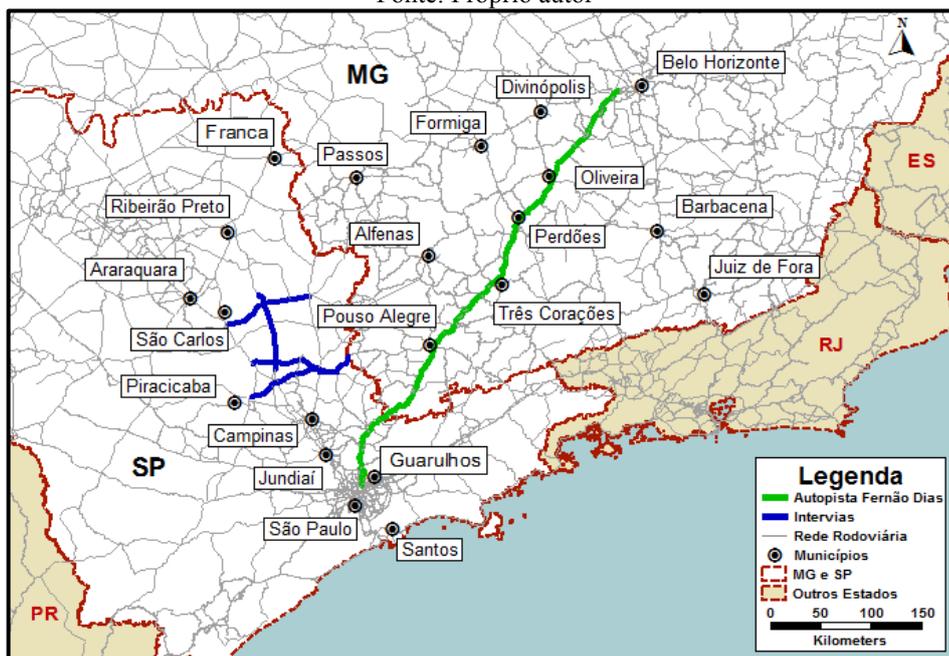


Figura 2 – Exemplo de lotes concedidos pelo governo federal (corredor) e estadual (rede)

Ambos os lotes são administrados por concessionárias do grupo espanhol Arteris (antiga OHL). O paulista (Intervias) tem uma extensão total concedida de 375,7 km e nove praças de pedágio espalhadas pelo sistema, enquanto o federal (Autopista Fernão Dias) tem uma extensão de 562,1 km com oito praças ao longo do corredor.

Assim, no processo de concessões estaduais, de acordo com a Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (2011), foram concedidos até o momento aproximadamente 10.750 quilômetros de rodovias. No estado de São Paulo, que possui o maior programa estadual, foram transferidos até o momento para a administração privada 5.362 km, a cargo de dezenove concessionárias, com prazos variados. No Rio Grande do Sul, o programa de concessões rodoviárias começou em 1998, com um prazo de 15 anos, e envolveu 1.877 quilômetros de rodovias repassadas a sete concessionárias. Já no Paraná, em 1998, foram concedidos 2.496 quilômetros, a seis concessionárias, com um prazo de concessões adotado de 24 anos. Existem também concessões de rodovias estaduais no Rio de Janeiro (a Via Lagos e a Rota 116, num total de 197 km), em Minas Gerais (a MG-050, de 317 km, primeira PPP rodoviária do Brasil), no Espírito Santo (Rodosol, de 67 km), na Bahia (Linha Verde e Sistema Viário BA-093, totalizando 339 km concedidos) e em Pernambuco (Rota dos

Coqueiros, de 7 km). O trecho de cobertura de cada concessionária dos programas estaduais pode ser visualizado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Dados das concessionárias de rodovias pedagiadas por governos estaduais**

Concessionárias Estaduais				
Estado	Rodovias	Segmento Rodoviário	Concessionária	Extensão
Bahia	BA-099	Lauro de Freitas – Abadia	Concessionária Litoral Norte S/A – CLN	217,2
	BA-093 Outras	Lauro de Freitas - Camaçari Simões Filho - Pojuca Candeias – Camaçari	Concessionária Bahia Norte S/A	121,5
Espírito Santo	ES-060	Vila Velha - Praia de Meaípe	Concessionária Rodovia do Sol S/A	67,5
Minas Gerais	MG-050 BR-491 BR-265	Juatuba - Divisa MG/SP	Concessionária da Rodovia MG-050 S/A	371,4
Paraná	BR-153 BR-369 Outras	Sertaneja - Cambé Cambé - Santo Antônio da Platina Jataizinho – Assis	Empresa Concessionária de Rodovias do Norte S/A – Econorte	342,2
	BR-376 BR-369 Outras	Nova Londrina - Londrina Maringá – Cascavel	Rodovias Integradas do Paraná S/A	546,5
	BR-277	Foz do Iguaçu – Guarapuava	Rodovia das Cataratas S/A	458,9
	BR-373 BR-277 BR-476	Guarapuava - Ponta Grossa Prudentópolis – Araucária	Caminhos do Paraná SA	405,9
	BR-376 PR-151 Outras	Apucarana - Curitiba Jaguariaíva - Ponta Grossa	Rodonorte – Concessionária de Rodovias Integradas S/A	567,8
	BR-277 PR-407 PR-508	Curitiba - Paranaguá Paranaguá – Matinhos	Concessionária Ecovia Caminho do Mar SA	175,1
	Pernambuco	Sist. Viário do Paiva	Jaboatão dos Guararapes - Cabo de Santo Agostinho	Rota dos Coqueiros S/A
Rio de Janeiro	RJ-124	Rio Bonito - São Pedro da Aldeia	Concessionária da Rodovia dos Lagos S/A	56,0
	RJ-116 RJ-104	Itaboraí – Macuco	Concessionária Rota 116 S/A	140,4
Rio Grande do Sul	ERS-115 ERS-235 Outras	Nova Petrópolis - Taquara Gramado - São Francisco de Paula	Brita Rodovias AS	142,4
	BR-116 RS-122 RSC-453	Antônio Prado - Farroupilha Campestre da Serra - Ana Rech Nova Petrópolis - Caxias do Sul	Convias S/A - Concessionária de Rodovias	191,1
	BR-386 BR-285 RSC-153	Santa Bárbara do Sul - Passo Fundo Sarandi - Ernestina Passo Fundo – Soledade	Concessionária Rodoviária do Planalto S/A	250,4
	BR-116 BR-190 Outras	Caçapava do Sul - Porto Alegre Porto Alegre - Carmaquã Osório – Gravataí	Metrovias S/A - Concessionária de Rodovias	533,9
	BR-116 BR-285	Divisa RS/SC - Campestre da Serra Lagoa Vermelha – Vacaria	Concessionária de Rodovias Rodosul S/A	132,7

	RSC-287 BR-471	Paraíso do Sul - Mariante Santa Cruz do Sul - Planalto Grande	Santa Cruz Rodovias S/A	297,8	
	RSC-287 RSC-386 Outras	Soledade - Montenegro Guaporé - Venâncio Aires Garibaldi – Lajeado	Sulvias S/A - Concessionária de Rodovias	328,8	
São Paulo	SP-300 SP-330 SP-348	São Paulo – Cordeirópolis	Concessionária do Sistema Anhanguera-Bandeirantes S/A	316,8	
	SP-255 SP-330 Outras	Araraquara - Franca Ribeirão Preto - Sta. Rita do Passa Quatro Guataporá - São Carlos	Autovias SA	316,5	
	SP-225 SP-310	Bauru - Corumbataí São Carlos – Limeira	Centrovias - Sistemas Rodoviários S/A	218,2	
	SP-127 SP-300 Outras	Rio Claro - Boituva Fazendinha - Sorocaba Jundiá – Tietê	Rodovias das Colinas S/A	306,9	
	SP-150 SP-160 Outras	São Paulo - Santos Praia Grande – Guarujá	Concessionária Ecovias dos Imigrantes S/A	176,8	
	SP-147 SP-330 Outras	Sta. Rita do Passa Quatro - Araras Rio Claro - Itapira Piracicaba – Itapira	Concessionária de Rodovias do Interior Paulista S/A	375,7	
	SP-340 SP-342 Outras	Campinas - Mococa Aguai - Águas da Prata Casa Branca - São J. do Rio Pardo	Renovias Concessionária S/A	345,7	
	SP-280 SP-258 Outras	Esp. Santo do Turvo - Tatuí Itararé - Tatuí Itapetininga - Araçoiaba da Serra	Rodovias Integradas do Oeste S/A	515,7	
	SP-351 SP-326 SP-323	Catanduba - Bebedouro Bebedouro - Barretos Taquaritinga – Pirangi	Concessionária de Rodovias Tebe S/A	156,0	
	SP-310 SP-333 SP-326	São Carlos - São J. do Rio Preto Borborema - Sertãozinho Matão – Bebedouro	Triângulo do Sol Auto-Estradas S/A	442,2	
	SP-322 SP-330	Ribeirão Preto - Bebedouro Jardinópolis – Igarapava	Vianorte S/A	236,7	
	SP-270 SP-280 Outras	Osasco - Sorocaba Cotia – Araçoiaba	Concessionária de Rodovias do Oeste de São Paulo - ViaOeste S/A	168,6	
	SP-270 SP-235 SP-225	Presidente Epitácio - Ourinhos Ourinhos – Bauru	Concessionária Auto Raposo Tavares S/A	443,7	
	SP-070	São Paulo – Taubaté	Concessionária das Rodovias Ayrton Senna e Carvalho Pinto S/A	134,9	
	SP-021	Embu – Caieiras	Concessionária do Rodoanel Oeste S/A	30,0	
	SP-300 SP-308 Outras	Bauru - Tietê Piracicaba - Salto Rafard – Campinas	Concessionária Rodovias do Tietê S/A	406,3	
	SP-065 SP-332 Outras	Jacarei - Eng. Coelho Jundiá – Louveira	Concessionária Rota das Bandeiras S/A	297,0	
	SP-021	Embu - Ribeirão Pires	Concessionária SPMAR s/a	60,7	
	SP-300	Bauru – Castilho	Viarondon Concessionária de Rodovias S/A	413,4	
	<b>Total</b>				<b>10.733,2</b>

No geral, pode-se dizer que, em nível estadual, o quadro das concessões é bem heterogêneo. Por isso, a seguir, serão detalhadas as peculiaridades de cada programa.

O primeiro a ser descrito é o de Santa Catarina, estado pioneiro nas concessões de rodovias para o setor privado a partir de 1993. Pelo contrato de concessão, quatro trechos rodoviários deveriam ser ampliados, além de contarem com os serviços habituais de manutenção, restauração, conservação, operação e atendimento. O contrato assinado no governo Vilson Kleinübing incluía as obras nas rodovias SC-401 (Itacorubi-Canasvieiras), SC-400 (Acesso à praia da Daniela), SC-402 (Acesso à Jurerê) e SC-403 (Acesso à Ingleses), todas localizadas na ilha de Santa Catarina. Em 1995 começaram as duplicações, entretanto, como pode ser esperado em movimentos inovadores e pioneiros, diversos problemas surgiram e levaram a longos processos judiciais contra a instituição responsável pela concessão. Em 1998, a empresa Linha Azul Autoestrada Ltda., vencedora da concorrência, paralisou as obras de duplicação, depois de não conseguir iniciar a cobrança do pedágio devido à intervenção na rodovia decretada pelo governo. Esse processo levou à atrasos na realização serviços além de diversas imposições do governo não previstas no contrato. Essas irregularidades levaram a um impasse que ainda persiste, sem que haja uma resposta final da justiça, o que tornou impraticável a exploração dessas rodovias ou mesmo à implantação de outras concessões estaduais em Santa Catarina.

O modelo do Rio Grande de Sul baseou-se na ideia de polos, com um conjunto de praças de pedágio formando uma linha de contorno em torno de um ponto central em que convergem pelo menos três rodovias. O Programa Estadual de Concessões Rodoviárias (PECR), que teve início em 1998, foi focado exclusivamente na manutenção e conservação rodoviária e foi o único no Brasil com sistemática de subsídios cruzados entre praças de pedágio do mesmo polo. Já no início do programa surgiram os primeiros descumprimentos contratuais, com irregularidades nos reajustes tarifários, prejudicando a credibilidade do programa gaúcho (RECK, 2008). Além de não conceder o reajuste tarifário previsto nos dois primeiros anos, o governo decidiu ainda reduzir arbitrariamente as tarifas de pedágio. Outros agravantes foram surgindo no decorrer do período como a não abertura de praças previstas, paralisação da cobrança por ação judicial, isenção de pagamento para veículos de transporte escolar ou com

placa do município no qual a praça estava instalada. Sem a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro, as concessionárias também reduziram os investimentos, ocasionando significativa redução da qualidade das rodovias do PECR.

No estado do Paraná, historicamente, houve constantes reclamações dos transportadores de cargas e dos usuários em geral. O programa, assinado em 1997 e com duração de vinte e quatro anos, teve as tarifas de pedágio reduzidas em 50% já em meados de 1998 por meio de um Termo de Alteração Unilateral, pelo então governador do estado, Jaime Lerner, em seu primeiro mandato, pressionado pela população em vésperas de eleições. Este ato levou a uma disputa judicial entre o DER/PR e as concessionárias, tendo em vista o desequilíbrio econômico-financeiro causado aos contratos, que culminou na postergação de investimentos por um longo período. Já em 2004, durante o governo de Roberto Requião, houve uma tentativa frustrada de encampação dos contratos de concessão. As concessionárias recorreram à justiça que acolheu recurso contra a medida do governo. Por fim, após vários anos sem entregar rodovias para a iniciativa privada, o atual governo do Paraná está se direcionando para uma possível retomada do programa de concessão, com a possibilidade de novos contratos e renegociação para extensão daqueles em andamento.

Já no Rio de Janeiro, tanto o estado quanto a cidade adotaram programas de concessão e nenhum deles enfrenta maiores problemas. O estado possui um programa que inclui duas concessões e a cidade do Rio de Janeiro possui a primeira concessão municipal de rodovias do país. Em 1994, à LAMSA foi outorgada a concessão para construção e operação da Linha Amarela, uma rodovia urbana com pedágio, com aproximadamente 15 km, conectando as comunidades do norte e do sul da cidade. Recentemente, mais duas ligações urbanas (a serem construídas) tiveram suas concessões licitadas no estado do Rio de Janeiro. A Transolímpica será uma via expressa de aproximadamente 26 km, ligando a Barra da Tijuca a Deodoro, na capital do estado, com pista exclusiva para o transporte coletivo por ônibus de alta capacidade (BRT<sup>3</sup>). Já a outra ligação está na cidade de Niterói e será feita através de um Túnel conectando a zona sul (Cafubá) à região oceânica (Charitas).

---

<sup>3</sup> Do inglês *Bus Rapid Transit*.

O programa de concessões de rodovias do estado de São Paulo é o maior e mais bem-sucedido entre os estados brasileiros. Instituído em 1997, foi realizado em duas etapas que diferem apenas no critério de escolha da concessionária. Na primeira etapa do Programa, iniciada em 1997, o regime escolhido foi o de concessão por prazo certo (20 anos), com preço definido e o maior valor da outorga como critério de escolha. Ao final do período de concessão, a malha rodoviária retorna ao poder do Estado com todos os investimentos feitos pelo particular. Já a 2ª Etapa do Programa de Concessões Rodoviárias teve início em 2008. O critério de escolha das concessionárias foi o menor valor de tarifa básica de pedágio ofertada. O modelo adotado foi o de concessão onerosa pelo prazo de 30 anos, prevendo outorgas fixas que somam 5,5 bilhões de reais para as concessionárias explorarem os trechos ao longo desse período (ARTESP, 2012). Relatório da Fundação Instituto de Administração da Universidade de São Paulo indica que nos cinco primeiros anos do Programa de Concessões Rodoviárias do Governo do Estado de São Paulo foram criados 55.188 estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços nas cidades cortadas pelas rodovias concedidas, 15% a mais do que no restante do estado. Além disso, foram gerados 29 bilhões de reais em produtos e serviços comercializados nessas regiões, 4% a mais do que nos demais municípios, e criados 796.946 empregos formais, 37% a mais do que no restante do estado.

Bahia, Minas Gerais e Pernambuco tiveram seus programas de concessões estaduais iniciados na última década. A nova concessionária estadual da Bahia, denominada Bahia Norte, responsável pelo sistema BA-093, deu início às obras de restauração do trecho sob sua responsabilidade. A concessão, de 25 anos, é a segunda realizada pelo estado, que antes tinha licitado a chamada Estrada do Coco, via de ligação de Salvador com o Litoral Norte (ABCR, 2011).

O estado de Minas Gerais, ciente da necessidade e da importância dos investimentos em infraestrutura de transportes, assinou em 2007 o primeiro contrato de PPP no setor rodoviário do país. O objeto do contrato foi a MG-050, rodovia do importante corredor sudoeste do estado, rota de ligação e integração com o Estado de São Paulo (GUIMARÃES NETO, 2008).

Já em Pernambuco, a primeira concessionária do estado (Rota dos Coqueiros) inaugurou em 2010 uma ponte possibilitando o uso integral da Via Parque, uma via litorânea de 6,2 km que encurta em 40 quilômetros a distância entre Recife e o Complexo Industrial Portuário de

Suape (ABCR, 2011). Também conhecido como sistema viário do Paiva, foi a primeira Parceria Público-Privada de Pernambuco e a primeira do tipo viária no Nordeste, com processo licitatório realizado em 2006. A segunda concessão de Pernambuco foi formada em abril de 2011, com a licitação do Governo do Estado (vencida pelo consórcio que forma a Concessionaria Rota do Atlântico) para administrar, requalificar e operar um trecho de 43 quilômetros que forma o Complexo Viário e Logístico de Suape, localizado entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e de Ipojuca (ROTA DO ATLÂNTICO, 2013).

Por fim, o Estado de Mato Grosso, que possui uma malha rodoviária com cerca de 35 mil quilômetros de extensão, não possuía nenhuma rodovia concedida até 2010 nenhum serviço, apesar da existência de uma legislação sobre o tema desde 2004 (a Lei Estadual nº 8.264, de 28 de dezembro de 2004). O primeiro contrato foi firmado em 2011, tendo como objeto o trecho de 122 quilômetros da MT130, que liga Rondonópolis a Primavera do Leste, cedido para operação privada para a Morro da Mesa Concessionária de Rodovias durante 28. Entretanto, desde 2009, através de convênios assinado entre Governo do Estado (via Secretaria de Infraestrutura) e associações dos produtores rurais locais, ficou estabelecido que os recursos para compensação das despesas do convênio de manutenção e conservação de diferentes rodovias estaduais viriam da cobrança de pedágio no trecho.

Vale portanto destacar que, como apontado por Neto e Soares (2007), a solução das concessões utilizada pela União e por diversos estados para enfrentar a escassez de recursos e financiar novas obras de infraestrutura rodoviária tem sido aplicada expressivamente nos últimos anos. Contudo, nas primeiras concessões, nas quais os riscos e as incertezas relativas às políticas governamentais, aos fluxos de veículos e as taxas de crédito eram igualmente elevadas, observou-se um valor de tarifa alto, enquanto nas licitações mais recentes houve uma queda substancial nestes valores, apoiada na crescente concorrência entre agentes privados interessados no negócio.

## **2.5. Participação das concessões na infraestrutura rodoviária brasileira**

O setor de transporte é responsável pela movimentação de pessoas e de mercadorias produzidas em uma economia. Uma cadeia logística deficiente penaliza a atividade econômica como um todo, já que os maiores custos com transporte tendem a ser repassados

para os demais setores. Dessa forma, a infraestrutura de Transporte ganha destaque pelo papel estratégico que apresenta para o desempenho produtivo de um país.

De acordo com o Relatório da Pesquisa CNT de Rodovias 2012 (CNT, 2012), o modo rodoviário é o mais utilizado para o transporte de passageiros e cargas no país. Aproximadamente 95% dos passageiros transportados em território nacional passam pelas rodovias e, para cargas, a proporção é de pouco mais de 60%.

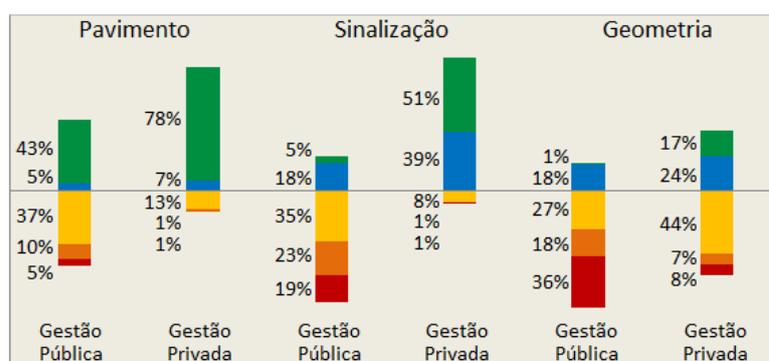
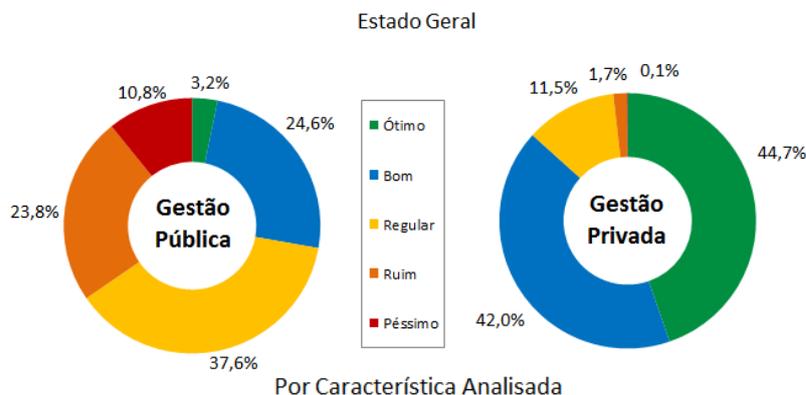
A preponderância do modo rodoviário na matriz não é reflexo apenas de uma decisão política, mas, também, de fatores econômicos relevantes. A principal vantagem das rodovias em relação aos outros meios de transporte se refere à sua flexibilidade e facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, oferecendo um serviço porta a porta aos usuários. Adicionalmente, a infraestrutura física necessária para que os outros modos possam operar requer investimentos superiores ao despendido nas rodovias e o ingresso de um operador na rede é controlado e mais custoso.

Entretanto, atenta-se para o fato de que, mesmo com a predominância desse modo na matriz de transporte brasileira, que possui uma extensão total de aproximadamente 1,6 milhão de km de rodovias (sendo somente 11,9% pavimentadas e, dessas, apenas 8% são de pista dupla), a situação da malha rodoviária nacional é deficiente.

Analisando as condições gerais das rodovias mais atentamente, nota-se, ainda, o contraste existente entre a qualidade das rodovias administradas pelo poder público e pela iniciativa privada. Tendo como parâmetro a média da avaliação da condição do pavimento, da sinalização e da geometria da via, tem-se que, para as rodovias do país sob gestão pública, 27,8% (22.307 km) são classificadas como ótimas ou boas, enquanto o restante, 72,2% (58.008 km), são classificadas como regulares, ruins ou péssimas. Já para as rodovias sob regime de concessão, 86,7% (13.347 km) são classificadas como ótimas ou boas, e 23,3%, como regulares, ruins ou péssimas (CNT, 2012), como ilustra o Gráfico 1. Também é possível visualizar no gráfico a proporção de rodovias em diferentes estados de conservação (de ótimo a péssimo) por tipo de característica analisada (pavimento, sinalização e geometria).

Fonte: Pesquisa CNT de Rodovias 2012 (CNT, 2012)

### Estado Geral das Rodovias Brasileiras Pavimentadas



**Gráfico 1 – Classificação das condições das rodovias sob gestão pública e privada**

Ainda em relação ao Gráfico 1, vale destacar ainda que a geometria da via é o parâmetro comparado que menos se diferencia entre as gestões, o que era esperado uma vez que a maioria dos contratos são do tipo ROT (Recuperar, Operar e Transferir), fazendo com que as concessionárias tenham poucas condições de influenciar este indicador.

Na gestão pública foram consideradas as rodovias cujos recursos para os investimentos são oriundos da União ou dos Estados. Por sua vez, na gestão concedida, a responsabilidade de manter as rodovias em estado adequado de utilização é delegada a terceiros, sejam essas empresas privadas ou públicas. Especificamente nesse caso, foram consideradas rodovias cujos investimentos são viabilizados por meio da cobrança de pedágio aos usuários.

Esses dados corroboram que a alternativa adotada pelo governo para tentar superar o problema da qualidade da malha rodoviária nacional tem sido ampliar a participação do setor privado no investimento em infraestrutura viária. O BNDES (2001) apresenta como algumas das justificativas para a concessão da operação de rodovias a necessidade de investimento

para recuperação da malha viária, degradada pelo déficit de investimentos em anos anteriores e a introdução de serviços alternativos, como auxílio a usuários.

## **2.6. Regulação, equidade e modicidade tarifária**

O Estudo de Viabilidade Financeira da Operação Privada dos Trechos Sul e Leste do Rodoanel de São Paulo, elaborado pela Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo (2010), atenta para o fato de que o pedágio insere-se como um instrumento alinhado a dois princípios basilares da economia de transportes: eficiência e equidade. O primeiro estipula que cada usuário deve pagar o custo social total causado por ele (custo marginal total) e o segundo tem a ver com o princípio de que todos os projetos e programas que usam recursos orçamentários transferem renda, uma vez que o grupo que auferes os benefícios (os usuários do serviço ou da infraestrutura) praticamente nunca coincide com o grupo que paga por esses serviços (o contribuinte, vale dizer, a sociedade).

Entretanto, antes de abordar a questão do valor do pedágio, ainda dentro do conceito de equidade tarifária, é interessante entender como se dá a definição da proporção paga pelos diferentes tipos de veículo que trafegam por uma rodovia. Os multiplicadores tarifários de eixo adotados no PROCOFE e no PCR-SP, por exemplo, se baseiam no estudo do economista Gordon Philip Bodely de 1998, intitulado *A Fixação de Tarifas de Pedágio para Rodovias Federais*, no qual foram estabelecidos critérios para a determinação da tarifa básica e de seus multiplicadores por categoria de veículo.

Segundo o estudo de Bodely, três critérios nortearam a determinação das tarifas: (1) impactos: deve ser minimizado o subsídio cruzado. As tarifas de cada veículo devem ser proporcionais aos custos efetivamente gerados por cada uma delas; (2) benefícios: o pedágio não deve representar um ônus adicional ao usuário; e (3) tarifas internacionais: experiência estrangeira sobre a relação de pedágio entre as diversas categorias de veículos.

Os cálculos do economista foram realizados para atender ao critério dos impactos, enquanto os outros serviram como critérios de validação. Assim, o objetivo foi fazer com que cada categoria de veículo tivesse uma tarifa proporcional ao custo imposto à rodovia. Para tanto, o valor de uma obra típica em um programa de concessão (duplicação da seção transversal, com restauração e reforço da pista existente, e posterior manutenção/conservação) foi distribuído:

- ✓ 30% do custo para elementos de uso comum a todos os veículos (sinalização, drenagem, etc.): Todas as categorias receberam o mesmo fator de ponderação;
- ✓ 30% do custo para elementos cujo dimensionamento depende do espaço ocupado (necessidade de alargamentos e interseções em desnível): O fator de cada veículo foi calculado com base no HCM (*Highway Capacity Manual*);
- ✓ 40% para elementos cujo dimensionamento depende das solicitações de carga por eixo (construção, manutenção e conservação do pavimento): A ponderação entre os veículos foi feita de acordo com o fator de desgaste do pavimento ESAL (*Equivalent Standard Axle Load*);

Dessa forma, para calcular o multiplicador de cada tarifa, os percentuais foram multiplicados pelos seus respectivos fatores, somando-os no final. Em seguida, fez-se um ajuste fixando o automóvel com valor 1 e ajustando proporcionalmente os demais. Para não se trabalhar com números fracionários, e percebendo que os valores encontrados não divergiam muito do número de eixos dos veículos, o extinto DNER optou por adotar o valor exato deste último como multiplicador de cada categoria. A Tabela 4 mostra a ponderação utilizada no cálculo de Gordon e os multiplicadores de eixos adotados pelo DNER para a tarifação em rodovias federais concedidas.

**Tabela 4 – Multiplicadores de eixos calculados e adotados pelo DNER**

Veículo	Uso comum		Espaço		Solicitações		Multiplicador		
	%	Fator	%	Fator	%	Fator	Calc.	Ajuste	Adot.
Automóvel	30%	1	30%	1	40%	0,0	0,6	1,0	1,0
Camioneta		1		1		0,01	0,6	1,0	1,0
Ônibus de 2 eixos		1		2		0,5	1,1	1,8	2,0
Caminhão de 2 eixos		1		3		1,8	1,9	3,2	2,0
Caminhão de 3 eixos		1		3		2,5	2,2	3,7	3,0
Caminhão de 4 eixos		1		4		4,0	3,1	5,2	4,0
Caminhão de 5 eixos		1		4		5,0	3,5	5,8	5,0
Caminhão de 6 eixos		1		4		5,6	3,7	6,2	6,0

Apesar de esclarecida a metodologia para o cálculo dos multiplicadores tarifários, a questão central do pedágio está na definição da tarifa base, através da qual se busca estabelecer um balanço entre, de um lado, proteger o público de potenciais abusos de monopólios e, de outro,

garantir que as empresas privadas possam obter um retorno adequado dos investimentos. Neste caso, ganha importância a regulação, que assume o papel crucial de garantir, por meio de mecanismos administrativos (licitação, atualização de tarifas, contratos de concessão, etc.), a eficiência do empreendimento e o equilíbrio econômico-financeiro da concessão.

Pires e Piccinini (1999) vão além e afirmam que, em linhas gerais, para que se garanta uma regulação eficaz, é recomendável que se disponha de diversos instrumentos, dentre os quais se destacam: a existência de agências independentes; o controle da entrada e saída do mercado; a defesa da concorrência; a definição do valor e do critério de revisão de reajuste tarifário; e o monitoramento dos contratos de concessão (particularmente no que concerne à qualidade do serviço e ao cumprimento de metas).

Portanto, em um contexto de incertezas em relação à estrutura de propriedade da rede de transporte, ainda mais fracionada devido a processos de privatização, fica evidente a importância da regulação pelo poder público ao incorporar o papel de monitor da dinâmica do mercado de transportes no intuito de buscar elementos de indução dos agentes privados a decisões mais próximas do interesse público. Nesse aspecto, restringem-se os riscos associados aos novos projetos de investimento em infraestrutura de transportes e, conseqüentemente, possibilita-se a diminuição das tarifas cobradas (como o pedágio no caso das rodovias).

Assim, o equilíbrio econômico e financeiro em uma concessão assume um papel decisivo. De acordo com Nabhan (2004), ele existe quando não há, por parte dos agentes envolvidos, nenhuma alteração no contrato que venha a confrontar os interesses distintos, dentro do que já havia sido pactuado entre eles. Enquanto o poder público espera que a parceria com a iniciativa privada surja como uma alternativa para a viabilização de obras e serviço que beneficiem a sociedade, a concessionária enxerga a concessão puramente como um negócio, no qual existe a possibilidade de remuneração de seus investimentos dentro de um padrão de rentabilidade esperado.

Para que a concessionária obtenha volume de capital através da arrecadação de tarifas de forma a arcar com seus custos e garantir o retorno de seus investimentos dentro da atratividade estipulada, é fundamental que ela execute melhorias, reformas, construções e serviços de acordo com o estabelecido no edital de concorrência, com qualidade e

transparência, primando pela excelência de seus serviços. Sendo assim, a concessionária tem o interesse em oferecer benefícios úteis a população, agregando valor a sua marca e atraindo outros investidores que vão compartilhar com a concessionária os riscos financeiros do negócio.

É neste contexto que, considerando a necessidade de regras regulatórias claras e estáveis para reduzir as incertezas das concessões, muito se tem falado nos últimos anos sobre modicidade tarifária, definida como a justa correlação entre os encargos da concessionária e a retribuição dos usuários da rodovia, expressa no valor inicial da Tarifa Básica de Pedágio (TBP).

Os objetivos de uma política tarifária são: (1) objetivo financeiro: garantir a cobertura dos custos do serviço; (2) objetivo econômico: incentivar a produtividade, a qualidade, a modernização e a inovação em um nível adequado de competição; e (3) objetivo social: garantir adequado acesso do serviço público em boas condições a todos os interessados. De quem cobrar, quanto cobrar e como cobrar são questões inerentes à política tarifária, com reflexos diretos no montante arrecadado, no número de pagantes, na distribuição dos encargos entre estes e na satisfação dos usuários.

Além disso, quando se considera o ambiente das concessões rodoviárias, tendo em vista os objetivos citados, torna-se importante definir também as variáveis que compõem uma política tarifária e influenciam diretamente o preço e a forma de pagamento do pedágio, fundamentais para o delineamento do modelo de concessão.

As variáveis de uma política tarifária em rodovia podem ser agrupadas em três grupos distintos, de acordo com o enfoque que se analisa. As variáveis com foco na viagem são aquelas diretamente relacionadas às características espaciais, temporais e tecnológicas do deslocamento feito pelo veículo na rodovia. As variáveis com foco no usuário relacionam-se aos ocupantes do veículo e ao tipo de uso que fazem na rodovia. Já as variáveis com foco institucional são relacionadas aos aspectos contratuais e econômicos da concessão, previamente definidos pelo poder concedente e aceitos pelos gestores privados.

No que concerne aos compromissos financeiros entre poder concedente e concessionária, as concessões podem ser: (1) onerosas – quando a concessionária paga direito de outorga ao poder concedente; (2) não onerosas – quando não há este compromisso; e (3) subvencionadas

– quando o poder concedente fornece subsídios em forma de pagamentos diretos às concessionárias, geralmente em forma de uma contraprestação pecuniária que pode, em alguns casos, equivaler à uma tarifa sombra (*shadow toll*). Obviamente, encargos e subsídios impactam negativa e positivamente as tarifas, respectivamente. Entretanto, o subsídio é uma forma de tornar as tarifas mais módicas, mas nem por isso mais justas do ponto de vista dos usuários, pois implica na transferência de uma parcela da tarifa paga apenas pelos usuários para toda a sociedade contribuinte.

No que tange às obrigações de investimentos, as concessões podem ser precedidas ou não de obras. Os partidários da desobrigação argumentam que as tarifas de pedágio devem cobrir apenas a operação, manutenção e conservação da rodovia, e que as obras de ampliação da infraestrutura significam aumento do patrimônio público e devem ser arcadas pelo estado.

Além do pedágio, as concessionárias de rodovias podem, dependendo do contrato, ter outras fontes de receita, tais como exploração das margens das rodovias para publicidade e aluguel para a passagem de fibras óticas. Hoje, essas receitas são pouco significativas, sendo que, no geral, aproximadamente 95% do total arrecadado pelas concessionárias brasileiras vêm do pedágio. As receitas de fontes alternativas devem, por lei, reverter para a modicidade tarifária.

Em relação aos impostos, o governo, ao conceder rodovias à iniciativa privada, criou uma nova fonte de receitas tributárias. De fato, a atividade rodoviária não gerava impostos diretos ao governo, já que era explorada por autarquias públicas isentas de tributação. Em outros setores de infraestrutura, tais como telecomunicações e energia, a transferência à iniciativa privada não gerou receita tributária nova, já que as antigas concessionárias públicas também pagavam impostos. Essa é a grande argumentação do setor rodoviário para que o governo reduza a carga tributária sobre as concessionárias, o que teria impacto direto nas tarifas.

Outro aspecto relevante da política tarifária é o critério de reajuste periódico das tarifas. Alguns critérios de reajuste são: índices de mercado (tais como IGP, IPCA etc.); o *price cap*, no qual o índice de mercado não é integralmente repassado, pois se levam em conta os ganhos de produtividade; o *yardstick competition*, que consiste no reajuste baseado no de uma empresa do setor (*shadow firm*) tomada como padrão de referência (*benchmarking*); e a TIR, na qual calcula-se a nova tarifa de equilíbrio após reajuste de todos os itens do fluxo de caixa da concessão. É difícil calcular o impacto de uma mudança de critério nas tarifas de uma

concessão, mas, de um modo geral, pode-se dizer que, no longo prazo, os vários índices de mercado convergem, e, por isso, têm pouco impacto na modicidade.

Já outra variável, significativa na modicidade tarifária, diz respeito aos riscos inerentes à concessão. À medida que o negócio representa mais riscos para o investidor, ele exige também uma maior remuneração, através de um maior *spread* de risco. Dentre os riscos possíveis em um projeto de concessão de rodovias, destacam-se: (1) ambiental: é o risco de aumento de custos e de processos judiciais devido às cada vez maiores exigências ambientais; (2) de demanda: é o risco do tráfego real se mostrar aquém das projeções; (3) de custos: risco dos custos reais variarem mais do que o projetado/orçado inicialmente; e (4) político: risco do governo tomar medidas que prejudiquem, intencionalmente ou não, as concessões.

Em meio a este panorama, em que existem diversas variáveis que podem influenciar em uma política tarifária, destaca-se um aspecto crucial para o tema: a definição do que está sendo pago. Assim, as tarifas destinam-se a cobrir todos os custos internos à concessão, ou seja, os custos incorridos pela concessionária (investimentos, manutenção/conservação, operação, impostos) mais a sua justa remuneração pelo serviço executado.

É neste contexto que muitas alternativas vêm surgindo como opção ao tradicional modelo de concessões, visando aumentar a justiça tarifária e/ou melhorar a eficiência do órgão público em sua função regulatória. Dentre elas, pode-se citar alguns exemplos como: adoção de subsídios governamentais através de Parcerias Público-Privadas (PPPs); redução dos encargos fiscais das concessionárias (PIS, COFINS, etc.); compartilhamento do risco do fluxo de veículos entre concessionária e poder concedente; além do aumento da base de usuários pagantes com reaplicação da receita adicional em novos investimentos e descontos tarifários.

Colocar praças a distâncias menores é uma forma de dividir o custo de manutenção, modernização, ampliação, sinalização e operação entre o maior número de usuários, fazendo com que cada um pague, aproximadamente, apenas pelo trecho que usa. Na Rodovia Presidente Dutra, entre o Rio de Janeiro e São Paulo, onde esse critério não foi seguido, 91,3% dos veículos que utilizam a rodovia o fazem em trechos compreendidos entre duas praças e, por isso, não pagam pedágio. Dessa forma, os outros 8,7% que atravessam pelo menos uma praça são onerados com o total do custo do concessionário, o que certamente é menos justo do que dividir esse custo com os demais usuários (TECTRAN, 2008).

Entretanto, a implantação de praças de pedágio tradicionais entre os diversos entroncamentos principais da rodovia é inviável devido ao custo e a interrupção constante do fluxo de veículos. Assim, tornou-se importante avaliar a possibilidade de utilização de recursos tecnológicos para viabilizar uma maior regulação das concessões pelo poder público e a aplicação de diferentes estratégias de política tarifária pelo agente privado. Um bom exemplo disso é a possibilidade de fiscalização dos veículos e cobrança pela distância percorrida, proporcionadas pela instalação de um sistema de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA).

## **2.7. A tecnologia nas concessões**

De acordo com Júnior (2012), a tentativa de aprimoramento do sistema de transporte através do uso de tecnologia, conhecimento e otimização dos processos recebe, em inglês, o nome de *Intelligent Transportation System* (ITS). A Rodovia Inteligente, nome dado àquela que passa pela aplicação de ITS, começou a ser entendida como a que proporciona o melhor (menor custo, menor tempo, maior segurança e maior conforto) para o transporte de cargas e de pessoas.

Assim, para a implantação de uma rodovia inteligente, é importante avaliar desde critérios de projeto, como a escolha do traçado mais curto e seguro, até a adoção de equipamentos que ajudem a propiciar soluções eficientes para quaisquer incidentes ou imprevistos que possam ocorrer. Também deve ser levada em conta uma tarifação mais justa pelo serviço prestado (no caso de rodovias com pedágio).

Tornar tudo isso possível requer o emprego de boa engenharia, equipes altamente treinadas no atendimento a picos de demanda e a emergências, sistemas especializados que sejam capazes de identificar automaticamente qualquer anormalidade no tráfego e sistemas de informação que permitam alertar a todos os interessados sobre as condições da via.

Com a concessão de rodovias brasileiras para a iniciativa privada, o usuário passou a conviver com serviços que antes, na grande maioria, não eram oferecidos no país e que trazem um aumento significativo na segurança das rodovias e na qualidade da infraestrutura oferecida. Pode-se citar, por exemplo, a efetiva conservação/manutenção da sinalização horizontal e vertical, o rápido conserto de imperfeições no pavimento (panelas, trincas e trilhas de rodas) e os serviços de socorro mecânico, guincho e ambulância.

Um dos primeiros sistemas inteligentes de controle de tráfego implantados pelas concessionárias brasileiras foram os painéis com mensagens variáveis, que advertem sobre a ocorrência de obras, cerração, chuva, acidentes, além de difundirem mensagens educativas para os motoristas, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3 – Exemplos de painéis de mensagens variáveis em rodovias concedidas**

Além dos painéis, os radares também passaram a ser não somente controladores de velocidade, mas equipamentos de contagem de veículos em trechos da via e monitoramento do tráfego. As balanças, os veículos de fiscalização das concessionárias e os telefones de emergência (*call box*), ilustrados na Figura 4, também tiveram papel fundamental ao inibir a circulação de veículos irregulares e prestar auxílio àqueles que se envolveram em algum tipo de incidente.



**Figura 4 – Exemplos de *callbox* e veículos de apoio em rodovias concedidas**

Todo este aparato tecnológico é coordenado pelo Centro de Controle Operacional (CCO), ilustrados na Figura 5, no qual as concessionárias, através de câmeras instaladas em pontos críticos da rodovia e sistemas de comunicação em tempo real, conseguem acompanhar o tráfego, verificar se houve acidente, checar o volume de veículos no trecho e até desviar o fluxo para outra rota caso seja necessário.

Fonte: www.rondonorte.com.br



Fonte: www.autoban.com.br



Fonte: www.viaoeste.com.br



**Figura 5 – Exemplos de Centro de Controle Operacional em rodovias concedidas**

Esta evolução não se restringiu aos sistemas de monitoramento da via e atendimento ao usuário, atingiu também os sistemas de cobrança de pedágio das concessionárias. De acordo com Pickford e Blythe (2006), historicamente, a cobrança de pedágio em locais discretos da rodovia com pagamento em dinheiro representa, por muito tempo, a única forma de pagar diretamente pelo uso da rodovia. Entretanto, recentemente, o financiamento dos custos de construção, conservação e operação da rodovia através de praças de pedágios tradicionais tem sido complementado ou inteiramente substituído por novos modelos de cobrança, que incluem a tarifação pela distância percorrida ou mesmo de áreas/trechos específicos como forma de controle de demanda em locais de grande concentração de veículos. Para tanto, foi necessária a utilização de aparatos tecnológicos disponíveis e anteriormente aplicados em outras áreas, como a identificação por frequência de rádio - RFID<sup>4</sup>, que permitiram a assimilação dos diferentes veículos portadores de uma etiqueta eletrônica (*tag*) que trafegam pelas vias controladas.

A leitura por RFID pode ser feita à distância com o *tag* em qualquer posição, uma vez que as ondas de rádio atravessam obstáculos líquidos e sólidos. Além disso, a própria etiqueta possui uma antena incorporada, permitindo inclusive que a leitura seja feita com o *tag* em movimento.

Mesmo em concessões nas quais foram mantidas as praças de pedágio, os sistemas eletrônicos permitiram aumentar a eficiência das cobranças, evitando a necessidade de o veículo parar nas cabines e efetuar transação monetária. Veículos previamente cadastrados e equipados com o

---

<sup>4</sup> Do inglês Radio-Frequency Identification.

*tag* são detectados ao se aproximarem das praças e a cobrança da tarifa é realizada posteriormente através de boletos bancários ou débito em conta.

Os sistemas de identificação automática de veículos (AVI<sup>5</sup>), que permitem essa operação, são formados por um conjunto de componentes e processos para a identificação do veículo e de seus proprietários. Estes sistemas são utilizados não somente para a cobrança de pedágio, mas também para a coleta de dados importantes para a gestão do tráfego (United States Department of Transportation, 1998).

Para Gallagher e Worrall (2005), a cobrança eletrônica de pedágio (ETC<sup>6</sup>) mudou drasticamente as operações de coleta de pedágio modernas. Ultimamente, autoridades têm buscado meios de implementar sistemas ETC em sua configuração mais avançada: os sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA), chamados em inglês de *Open Road Tolling* (ORT).

---

<sup>5</sup> Do inglês *Automatic Vehicle Identification*.

<sup>6</sup> Do inglês *Electronic Toll Collection*.

### 3. O SISTEMA DE RPA

Embora o pagamento da tarifa através de dinheiro em barreiras físicas (praças) tenha sido a prática usual ao longo da história, nos últimos anos, com a evolução tecnológica, surgiram novas alternativas que a evidenciaram como uma forma lenta e pouco eficiente de cobrança de pedágio. As praças envolvem componentes numerosos e incluem: atendentes de pedágio, equipes de suporte, edificações de operação e administração, contagem de cédulas e moedas, entre outros.

Nos Estados Unidos, as praças de pedágio tradicionais, com cancelas e cobrança da tarifa manual em espécie, são cada vez menos utilizadas. Motoristas que viajam por rodovias com pedágio em estados como Oklahoma, Illinois, Florida, Texas e New York pagam pedágios eletronicamente enquanto trafegam a 70 milhas por hora (aproximadamente 110 km/h), evitando filas e até mesmo a necessidade de diminuição brusca de velocidade, aumentando consequentemente a segurança nessas rodovias (SIEGEL, 2004).

Tal forma de pedágio tornou-se possível através da implantação de um sistema de Rodovia de Pedágio Aberto (RPA), denominados, em inglês, sistemas de *Open Road Tolling* ou simplesmente *free-flow*. Os sistemas de RPA são uma adequação dos sistemas eletrônicos de identificação automática dos veículos, no qual pórticos instalados ao longo de uma via com pedágio reconhecem os veículos que os atravessam e os tarifam de forma eletrônica.

A implantação de sistemas de RPA pode trazer não só ganhos de produtividade na cobrança do pedágio, mas também ser uma alternativa viável para a redução das tarifas praticadas.

A identificação dos veículos pelos pórticos pode ser realizada através da utilização de duas tecnologias diferentes: (1) identificação por frequência de rádio de etiquetas eletrônicas instaladas em cada veículo (Figura 6); ou (2) reconhecimento da placa do veículo através de softwares especializados na leitura de algarismos em imagens capturadas (Figura 7).

Fonte: www.spy.org.uk



Fonte: www.massdot.state.ma.us



Figura 6 – Pórtico e etiqueta eletrônica utilizados na identificação por radiofrequência

Fonte: Mwape, 2007



Figura 7 – Pórtico e software utilizados na identificação por reconhecimento de placa

Em ambos os sistemas, após a identificação do veículo, um sistema computacional automaticamente deduz o pedágio de contas cadastradas pelos condutores, ou emite uma fatura para pagamento posterior do valor devido.

É importante frisar que o sistema de Rodovias de Pedágio Aberto envolve muito mais que uma evolução tecnológica da identificação automática de veículos (AVI). Em um ambiente aberto e de fácil acesso como rodovias com sistemas *free-flow*, é importante que as autoridades entendam os aspectos técnicos, da legislação e das necessidades dos operadores e usuários a fim de alcançar um equilíbrio entre a promoção da modicidade tarifária, de uma adequada mobilidade, da satisfação do usuário e do financiamento da infraestrutura rodoviária disponibilizada.

Para garantir o sucesso da implantação e operação de uma Rodovia de Pedágio Aberto, é necessário dispor de uma correta fiscalização de possíveis violações e de alternativas para lidar eficazmente com operações não-AVI (ou seja, de pagamento em espécie).

Assim, torna-se importante descrever os principais aspectos envolvidos na implantação e operação de sistemas de RPA, como o funcionamento do sistema, os modelos de cobrança, os principais benefícios gerados, além dos entraves existentes para sua implantação no país.

Também são mostrados alguns exemplos de rodovias com *free-flow* existentes pelo mundo, assim como as principais ações já realizadas no Brasil para possibilitar a operações de sistemas de RPA.

### 3.1. Descrição do funcionamento do sistema

Os sistemas de RPA são mais do que uma simples evolução da identificação automática de veículos (AVI) atualmente disponível nas praças de pedágio do país (Figura 8), que possibilita a cobrança eletrônica da tarifa com pagamento posterior através de boleto ou débito em conta.

Fonte: [www.transportabrasil.com.br](http://www.transportabrasil.com.br)



Figura 8 – Cabine de cobrança eletrônica (AVI) em praça de pedágio

Uma das principais diferenças do sistema de RPA para o sistema AVI atualmente em uso está na necessidade de garantia da captura contínua, estando o veículo em qualquer posição dentro da zona de coleta, geralmente com mais de uma faixa de tráfego. Esta necessidade se dá

devido à inexistência de canalização do fluxo de veículo, como ocorre nas praças de pedágio, uma vez que a identificação e a tarifação do veículo ocorrem em seção típica da via.

Conforme citado anteriormente, a identificação dos veículos em rodovias com *free-flow* pode ser conduzida de duas maneiras diferentes, seja através da leitura de etiquetas eletrônicas (*tags*) por radiofrequência, seja pelo reconhecimento ótico da placa do veículo.

Entretanto, independentemente da forma de identificação adotada, devido à inexistência de uma cancela ou barreira fixa (conforme exemplifica a Figura 9) e, conseqüentemente, maior possibilidade de violação, o sistema de RPA precisa de um mecanismo de coleta de imagem multiangular para fotografar veículos irregulares (sem *tag*, por exemplo) que atravessarem os pórticos de cobrança.

Fonte: [www.brisainovacao.pt](http://www.brisainovacao.pt)



**Figura 9 – Exemplo de pórtico de cobrança de pedágio em uma sistema de RPA**

Em cada pórtico de cobrança ocorrem três processos diferentes:

- ✓ Inicialmente, o leitor de radiofrequência (RFID) ou a câmera de reconhecimento ótico de caracteres (OCR<sup>7</sup>) identifica o veículo, associando data e hora da passagem;
- ✓ Em seguida, sensores detectam o número de eixos do veículo ou sua altura e comprimento e determinam o valor do pedágio a ser pago;
- ✓ Por fim, caso o veículo não porte um *tag* ou esteja irregular, câmeras fotografam a placa para envio ao sistema de fiscalização.

---

<sup>7</sup> Do inglês *Optical Character Recognition*.

A Figura 10 ilustra este processo, que ocorre nos pórticos de sistemas *free-flow*.

Fonte: Washington State Transportation Commission (2006)

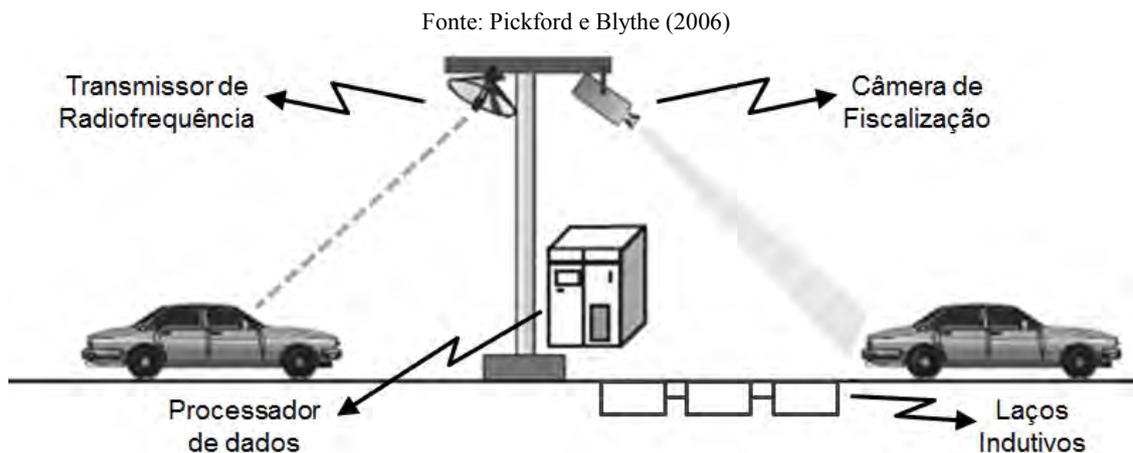


**Figura 10 – Processo de identificação, detecção e fiscalização ocorrido no pórtico**

Vale destacar que, devido ao sistema de tarifação em vigor no país fazer diferenciação do valor por eixos rodantes do veículo, a etapa de detecção do número de eixos torna-se ainda mais importante. Esse processo de identificação pode ser realizado de diferentes formas, mas nenhuma está totalmente consolidada. Na busca de uma solução definitiva, novas técnicas de detecção têm sido aplicadas recentemente, como a utilização de configurações específicas de laços de indução, assunto que será abordado com mais detalhes no item Principais entraves para sua implantação.

Para possibilitar a cobrança eletrônica do pedágio, cada pórtico deve possuir, ainda, um equipamento para interpretação da informação recebida, armazenamento de dados e transmissão para o servidor central. Este equipamento normalmente fica localizado em uma das bases do pórtico na lateral da via.

Os principais aparelhos existentes em um pórtico de tarifação baseado em um sistema de identificação por radiofrequência estão ilustrados na Figura 11.



**Figura 11 – Principais aparelhos existentes em um pórtico de tarifação por RFID**

Em resumo, as principais funções de um ponto de tarifação (pórtico) baseado em um sistema de identificação automática do veículo por radiofrequência são:

- ✓ Armazenamento de dados específicos do usuário em uma etiqueta eletrônica (*tag*) fixada no interior veículo, para declaração em um sistema rodoviário;
- ✓ Transferência dos dados do *tag* a um equipamento na lateral da estrada através de uma transmissor de radiofrequência direcional;
- ✓ Capacidade de localizar espacialmente os diferentes *tags* na via, limitando a comunicação para cada veículo dentro da faixa de cobrança do pedágio;
- ✓ Detecção do número de eixos rodantes ou peso dos veículos para o cálculo da tarifa a ser descontada;
- ✓ Interpretação da informação recebida, armazenamento e transmissão para o sistema central através de um equipamento de processamento de dados e;
- ✓ Captura de imagens das placas dos veículos, se for detectada alguma discrepância entre a leitura do *tag* e a as informações do usuário armazenadas no servidor ou por agentes fiscalizadores.

As coletas de pedágio em sistemas de RPA existentes pelo mundo são geralmente conduzidas por radiofrequência através do uso do *tag* pelos veículos. Embora raramente utilizado como o método primário de identificação, o reconhecimento automático do número da placa também tem sido vastamente utilizado em diversos sistemas *free-flow*, porém, principalmente, para a fiscalização de infratores.

Além das duas formas citadas, uma terceira tecnologia começa a ser testada, a identificação por laser. Sistemas operados com laser fazem uso de códigos de barra afixados nos veículos e lidos por scanners quando os mesmos atravessam os locais de cobrança. Entretanto, este sistema tem alguns inconvenientes que limitam seu uso em Rodovias de Pedágio Aberto como, por exemplo, a sensibilidade às condições climáticas e à sujeira, além de facilidade de adulteração.

### **3.1.1. Identificação por radiofrequência**

Na identificação de veículos por radiofrequência, antenas localizadas nos pórticos comunicam com a etiqueta eletrônica (*transponder*) instalada no veículo através de um sistema de comunicação de curto alcance. Um sistema dedicado de comunicação de curto alcance (DSRC<sup>8</sup>) é um canal de alta taxa de dados, que se estabelece, a uma dada frequência, entre um equipamento fixo e um dispositivo móvel (PICKFORD, BLYTHE, 2006).

O *transponder*, ou unidade *on-board* (OBU<sup>9</sup>), é uma antena de área geralmente menor que 5 cm<sup>2</sup>. Fixada ao para-brisas do veículo, é capaz de variar rapidamente sua propriedade refletora para transmitir a energia de radiofrequência incidente gerada pelo equipamento transmissor de DSRC fixo instalado no pórtico. Assim, a OBU dos veículos pode operar com um nível muito baixo de bateria ou até mesmo sem nenhuma.

### **3.1.2. Identificação por reconhecimento do número da placa**

Em um sistema de reconhecimento automático de placa existem três etapas entre a captura da imagem de um veículo e a interpretação dos caracteres da placa. A primeira consiste na localização da placa. Na segunda, é realizada uma filtragem ou pré-processamento da imagem localizada, visando remover ruídos da imagem. Na terceira etapa, utiliza-se a função de Reconhecimento Ótico de Caracteres (OCR), a fim de identificar os caracteres. Como resultado final, o sistema retorna os caracteres da placa em formato de texto (GUALBERTO, 2010), como exemplifica a interface de alguns *softwares* de reconhecimento de placas disponíveis.

---

<sup>8</sup> Do inglês *Dedicated Short-range Communication*.

<sup>9</sup> Do inglês *On-board Unit*.



**Figura 12 – Exemplos de softwares de reconhecimento de placas**

Há vários métodos de localização da placa, dentre eles o método de análise de frequência (no qual são marcadas as áreas que têm uma frequência próxima da taxa média de medida das áreas da placa), o método de áreas de alto contraste e o método da relação entre largura e altura.

Para o pré-processamento normalmente utiliza-se algumas etapas: converter para escala de cinza, já que os algoritmos empregados não reconhecem uma placa colorida; alinhar a placa de modo que os caracteres fiquem alinhados horizontalmente; tratar a placa, a fim de melhorar o contraste entre os caracteres e o fundo da mesma; e segmentar as sete partes reconhecidas da placa.

O processo de extração é a etapa mais importante do OCR. A qualidade dessa etapa influencia o resultado de todo o sistema. Afinal, a não identificação correta dos caracteres, como por exemplo, um algarismo ser reconhecido como uma letra e vice-versa, pode comprometer a tarifação do veículo.

Uma abordagem usual para a construção da etapa de reconhecimento consiste na utilização de similaridade. A Figura 11 apresenta os caracteres usados no OCR de reconhecimento padrão.

Fonte: Gualberto (2010)



**Figura 13 – Imagens das letras e números utilizados no OCR para reconhecer padrão**

Assim, seja por radiofrequência ou por reconhecimento de placa, sistemas de RPA mostram-se uma interessante alternativa para a cobrança de pedágio, permitindo a implementação de novas políticas tarifárias de acordo com o modelo de cobrança adotado, assunto que será abordado a seguir.

### 3.2. Modelos de cobrança

Em rodovias com *free-flow*, dependendo da localização e configuração dos pórticos de controle, pode-se cobrar: (1) por distância quilométrica com controle nos acessos (entrada e saídas) de uma rodovia; (2) por Trecho Homogêneo (TH) da rodovia, sendo eles de diferentes extensões e volumes de tráfego (segmento por segmento). Cada uma dessas alternativas é possível e recomendada de acordo com os requisitos funcionais de projeto da rodovia.

#### 3.2.1. Controle nos acessos

Pórticos localizados nas entradas e saídas do sistema permitem identificar o local exato de acesso de cada veículo na via com pedágio, fazendo a tarifação equivalente ao total percorrido. Nesse modelo, os pórticos nas alças de entrada reconhecem e caracterizam o veículo, enquanto os pórticos nas saídas fazem o cálculo da distância percorrida e efetuam a cobrança, como mostra a Figura 14.

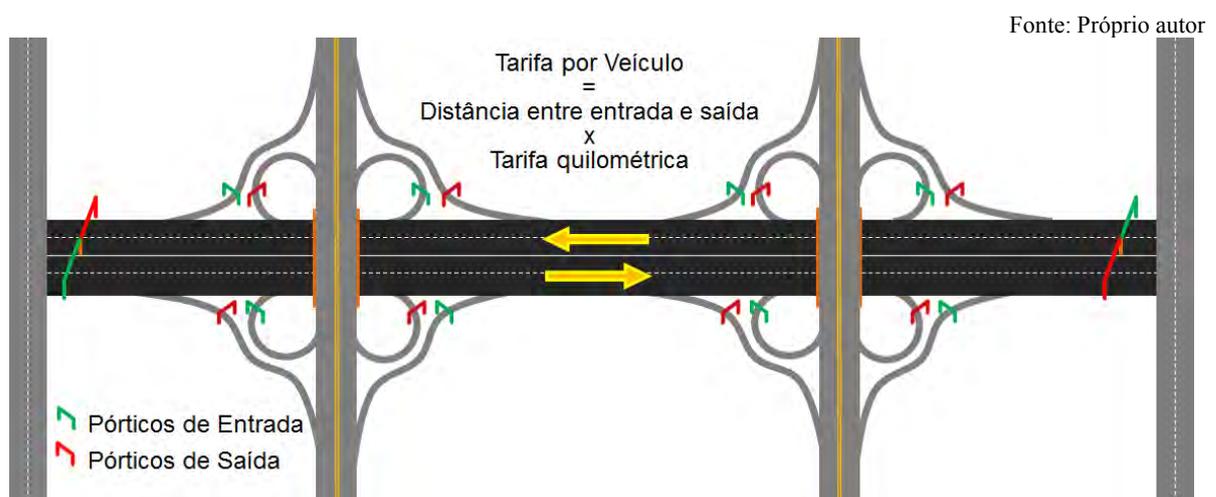


Figura 14 – Modelo de cobrança com pórticos nas entradas e saídas

A cobrança em entradas e saídas permite um maior controle do tráfego passante pelo sistema, entretanto requer um pórtico em cada entrada e saída do sistema, o que acarreta um maior

custo de implantação. Em grande parte das rodovias brasileiras isso se torna ainda mais complexo devido à quantidade excessiva de acessos secundários existentes ao longo das mesmas, como entradas/saídas de fazendas e fábricas, por exemplo.

Outro ponto importante neste modelo é a necessidade de um *backoffice* maior para processamento das informações, uma vez que todo veículo deve ser reconhecido duas vezes para sua efetiva tarifação.

Por fim, vale destacar que para este modelo funcionar corretamente o conceito de rodovia fechada também deve ser aplicado, ou seja, não deve haver acesso de vias secundárias não controladas ao sistema.

### 3.2.2. Controle por trecho homogêneo

Pórticos localizados na seção da via geralmente operam com uma tarifação proporcional ao seu trecho de cobertura, em um conceito próximo ao aplicado nas praças de pedágio convencionais. A principal diferença está na possibilidade de distribuição de um número maior de pórticos, representando cada um dos trechos de cobertura menores, possibilitando a tarifação de um maior número de veículo, inclusive em trechos urbanos.

Neste modelo, cada pórtico cobra o valor referente à extensão de seu respectivo trecho de cobertura, normalmente de tamanho igual aos trechos homogêneos do sistema, como mostra a Figura 15.

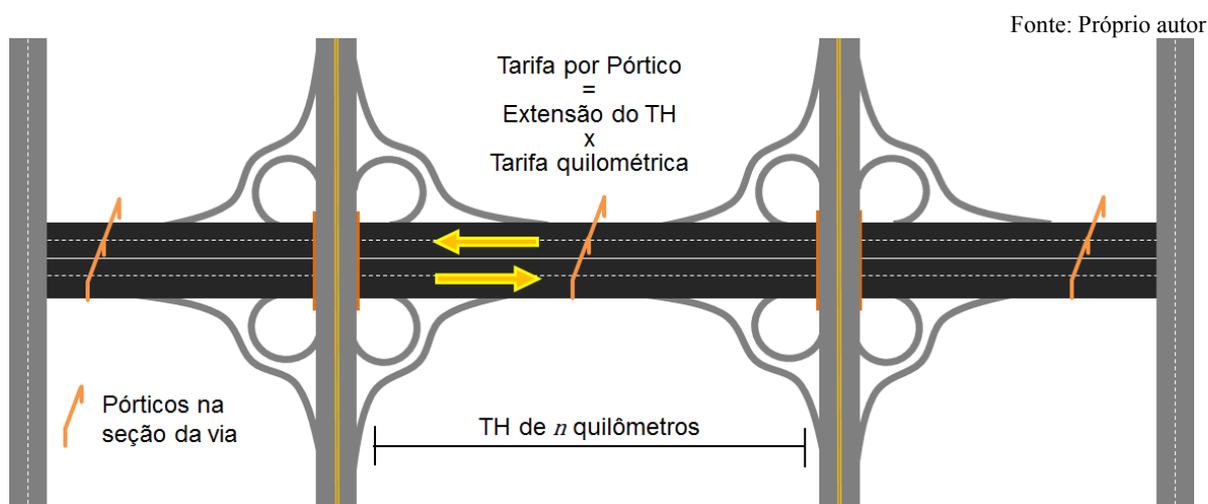


Figura 15 – Modelo de cobrança com pórticos em cada trecho homogêneo

Nesta alternativa de cobrança são necessários pórticos mais robustos, pois estes devem atravessar toda a seção da via, em ambos os sentidos. Entretanto, a tarifação torna-se mais simples, uma vez que, identificado o veículo num determinado pórtico, o valor a ser cobrado já está definido.

### 3.2.3. Mistos

O modelo de cobrança misto mescla a tarifação eletrônica de sistemas de PRA com a cobrança manual em praças de pedágio tradicionais, sendo um primeiro passo no processo de transição para o *free-flow*.

Neste modelo, geralmente, os pórticos de tarifação eletrônica e as praças de cobrança manual ficam localizados um ao lado do outro, conforme ilustrado na Figura 16. Veículos sem o *tag* devem se deslocar para as faixas da lateral direita da via (mais lentas) para então pararem nas praças.

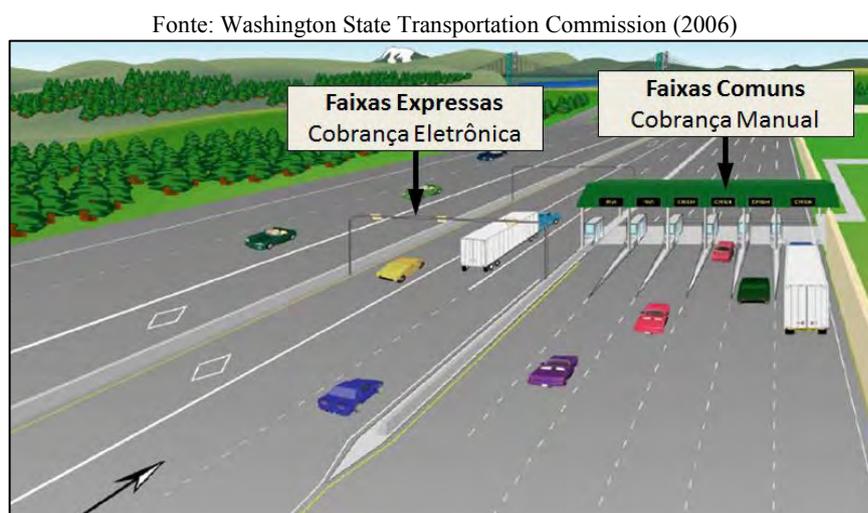


Figura 16 – Esquema de funcionamento do modelo de cobrança misto

A implantação desse modelo torna-se uma alternativa interessante em uma fase na qual não é obrigatório que todos os veículos tenham o *tag* instalado, sendo que os usuários continuam tendo a opção de utilizar a rodovia com pedágio. Contudo, para incentivar a instalação do *tag*, é possível fazer com que usuários do sistema de RPA paguem apenas pela distância percorrida enquanto os demais usuários paguem pelo trecho de cobertura do pedágio, ocasionando muitas vezes numa tarifa maior.

A Figura 17 exemplifica o funcionamento de uma rodovia com pedágio no modelo de cobrança misto, com pódio e cabine manual instalados juntos na *Interstate 78*, nos Estado Unidos, no qual funcionam as *Express E-ZPass lanes*.

Fonte: [www.lehighvalleylive.com](http://www.lehighvalleylive.com)



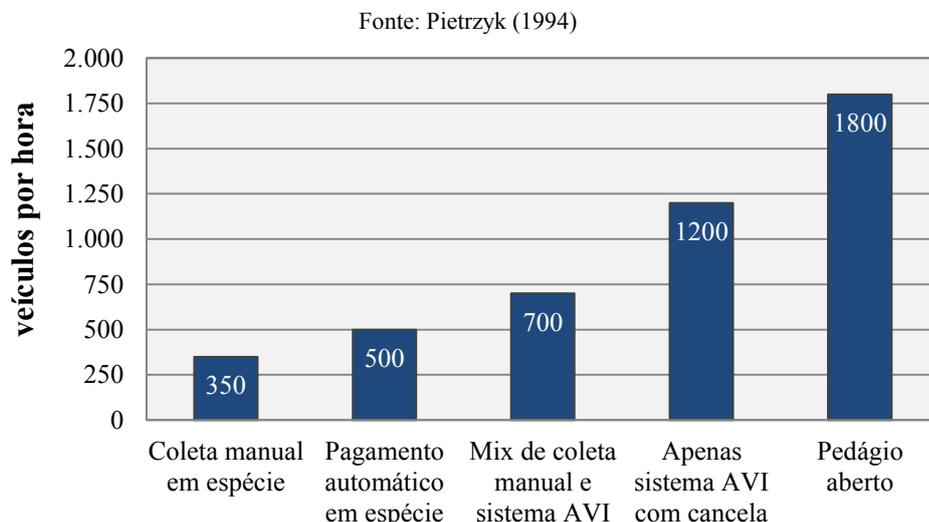
**Figura 17 – Modelo de cobrança mista na *Interstate 78* (EUA)**

### **3.3. Principais benefícios gerados pelo sistema**

Sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA) apresentam um potencial interessante de promoção da justiça tarifária, uma vez que a instalação de pódios ao longo da via pedagiada, espaçados em distâncias menores que as praças tradicionais, pode possibilitar a redução da tarifa através do aumento da base de veículos pagantes. Esta alternativa torna-se interessante principalmente para cobertura de trechos urbanos, com alto volume de tráfego, que também poderiam ser tarifados, gerando um acréscimo de receita a ser revertido na diminuição do valor da tarifa paga em praças localizadas em áreas tipicamente rurais. Além disso, como dito anteriormente, os sistemas *free-flow* possibilitam que os usuários paguem somente pelo que efetivamente utilizaram, ou seja, o valor resultante da tarifa quilométrica praticada na via multiplicada pela extensão percorrida.

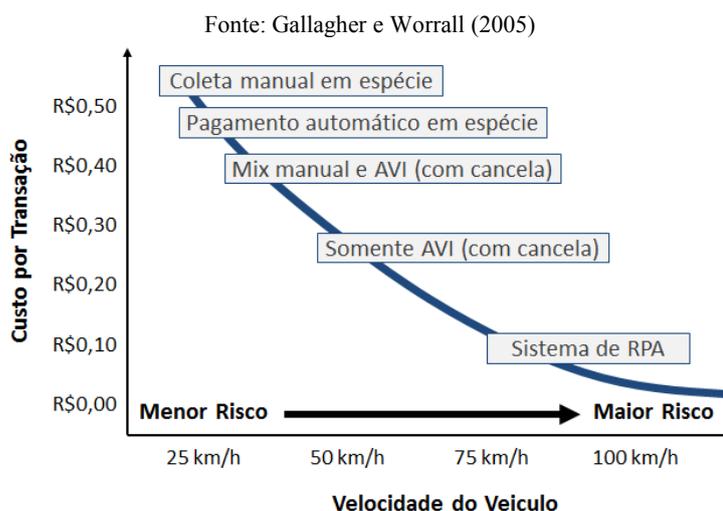
Outra vantagem dos pedágios *non-stop* é que eles não obrigam os motoristas a reduzir a velocidade até a parada completa quando se aproximam de uma praça de pedágio e, em seguida, acelerar de volta para a velocidade inicial depois de pagar a tarifa, possibilitando assim a manutenção de uma velocidade constante. Como resultado, um dos principais gargalos de rodovias concedidas é eliminado e motoristas passam a gastar menos tempo em seus deslocamentos (SIEGEL, 2004).

Para reforçar essa maior capacidade de realização de operações de cobrança por unidade de tempo, o Gráfico 2 compara o volume de veículos por hora por faixa de tráfego atendido nos diferentes métodos de coleta da tarifa existentes.



**Gráfico 2 – Capacidade por faixa em locais de cobrança de pedágio (por tipo de coleta)**

O Gráfico 3 demonstra a migração das operações de coleta de pedágio a partir de praças tradicionais (com transações manuais) até a cobrança expressa através de sistemas de RPA. Cada marco da tecnologia, desde a utilização de máquinas de pagamento automáticas em espécie até a implementação do *free-flow*, resultou em uma maior eficiência ao possibilitar custos mais baixos por transação, além de maior capacidade de tráfego nas praças, entretanto também implicou em um maior risco para o administrador do pedágio.



**Gráfico 3 – Caminho de migração das operações de cobrança de pedágio**

Como resultado, em sistemas de RPA, um dos principais gargalos de capacidade de tráfego de vias concedidas é eliminado e motoristas passam a gastar menos tempo em trânsito.

Algumas outras vantagens derivam da capacidade de permitir que mais veículos atravessem os locais dos pedágio e da supressão da necessidade de parada do veículo como, por exemplo, o reforço da segurança, a economia em custos operacionais dos veículos e a redução da poluição. A eliminação de filas reduz de forma significativa os entrelaçamentos, as colisões traseiras e outras manobras típicas ocorridas no trecho de aproximação de praças de pedágio. Também deixam de existir veículos se movendo em marcha lenta ou acelerando e freando sucessivamente, o que aumenta o desgaste de peças e o consumo de combustível (SIEGEL, 2004). Consequentemente, o nível de emissão de poluente nestes locais também é reduzido.

Pelo lado do operador, sistemas de RPA permitem diminuir os custos das transações, quando comparado com a cobrança manual. Assim, apesar da necessidade de um *backoffice* maior para processamento dos dados, deixam de existir custos com, por exemplo: construção da infraestrutura da praça e do prédio administrativo ao lado, contratação de caixas e seguranças, utilização de serviço de coleta com veículo blindado e contagem de notas e moedas. Outra vantagem para o operador é a possibilidade de integração completa do sistema de tarifação com os centros de controle operacional, permitindo um monitoramento em tempo real da movimentação nos locais de cobrança.

### **3.4. Principais entraves para sua implantação**

Apesar de sistemas ORT serem uma tendência e já apresentarem resultados positivos em experiências internacionais, a nova tecnologia apresenta tantos desafios quanto oportunidades, principalmente na compreensão e aceitação dos usuários e na legislação que suporta a cobrança de pedágio (GALLAGHER, WORRALL, 2005).

Para o operador, a principal desvantagem de sistemas de RPA está na tendência de aumento do percentual de usuários inadimplentes, frente ao sistema convencional. A possibilidade de burlar o pedágio é criada a partir da remoção das barreiras físicas existentes nos locais de cobrança da tarifa. Esses usuários inadimplentes podem ser interpretados como uma despesa extra pelo operador do pedágio, que não será remunerado por eles, ou serem compensados em parte ou totalmente por multas aplicadas nestes casos. Entretanto, para que este último seja

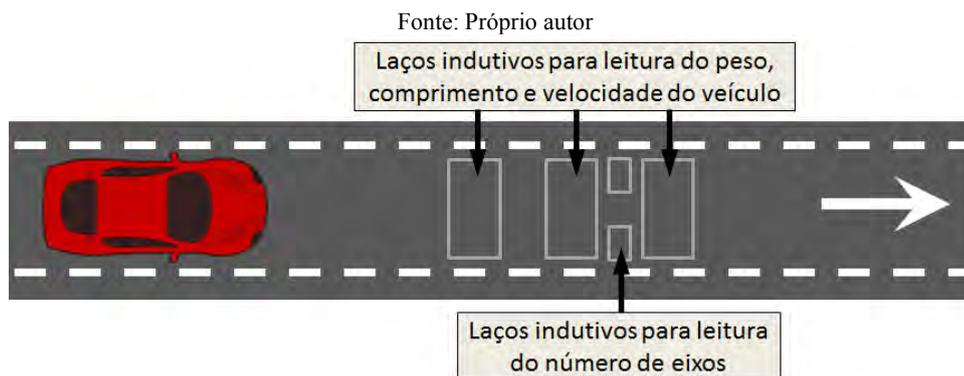
possível, é necessária a criação de leis que possibilitem um amparo legal para os operadores rodoviários receberem as tarifas devidas pelos infratores. Também devem ser criadas penas rígidas para os infratores, balizadas por uma rigorosa fiscalização, no intuito de garantir que os mesmo passem a cumprir as leis em vigor para este mérito.

Além disso, sistemas *free-flow* requerem uma configuração tecnológica bem específica com a sobreposição de sistemas AVI em todas as faixas de rodagem, criando leituras cruzadas entre as faixas, assegurando a captura contínua de transações em qualquer posição dentro da zona de cobrança de uma via com várias faixas de tráfego. Um sistema de vídeo associado garantirá a captura de imagens de veículos infratores que não estão equipados com *tag*. Assim, a zona de cobrança do pedágio em sistemas de RPA deve ser coberta em sua totalidade através de uma solução integrada que permita aumentar a precisão e a confiabilidade no sistema e diminuir o risco de perda de receita.

Outro importante entrave para implantação do sistema de RPA no país está na classificação praticada atualmente para a tarifação dos veículos na cobrança convencional. O modelo em vigor no Brasil, utilizado nas raças de pedágio, classifica os veículos por eixo e por rodagem dupla. Já o modelo usualmente utilizado em rodovias com *free-flow* classifica os veículos de acordo com seu comprimento, diferenciando-os apenas entre automóveis e caminhões leves e pesados. Nos sistemas eletrônicos o número de eixos é de difícil detecção automática, aumentando a possibilidade de erro na cobrança.

Diferentes processos de detecção têm sido testados, mas nenhum está totalmente consolidado e aprovado. Usualmente, a identificação do número de eixos dos veículos tem sido feita através do cruzamento da identificação do veículo com um banco de dados. Entretanto, esse método não permite identificar a presença de possíveis eixos suspensos ou mesmo cavalos mecânico portadores de *tags* com informações diferentes da realidade, uma vez que as carretas tracionadas podem possuir configurações diferentes em cada momento.

Na busca de uma solução definitiva, novas técnicas de detecção têm sido aplicadas recentemente, como a utilização de configurações específicas de laços de indutivos instalados no pavimento para identificação dos eixos rodantes, como mostrado na Figura 18.



**Figura 18 – Configuração de laços indutivos para identificação de eixos**

Caso o sistema de identificação primário dos veículos seja realizado por radiofrequência, outro entrave importante é a necessidade de cadastrar todos os usuários pagantes, que devem ter instalado o *tag* nos veículos. Para amenizar este entrave, a adesão dos usuários ao sistema *free-flow* pode ser incentivada pelo operador e/ou pelo poder concedente, que poderão, por exemplo, distribuir *tags* gratuitamente ou arcar com a instalação dos mesmos.

É nessa última questão que a implantação de um sistema nacional de identificação automática de veículos, conforme pretendido pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), além de permitir um monitoramento completo da frota brasileira, poderia incentivar a migração das rodovias com pedágio para sistemas de RPA. Este sistema nacional será abordado mais adiante.

Por fim, também é necessária uma correta compreensão do mercado para o qual sistemas de RPA serão destinados, uma vez que os benefícios potenciais da implementação dessa tecnologia são diretamente proporcionais a porcentagem de usuários que irão adotá-la como forma de pagamento. Assim, recomenda-se que o órgão público, em conjunto com o operador, organize audiências públicas com o objetivo de explicar o funcionamento do sistema.

### **3.5. A experiência internacional com o sistema**

Em 1959, o ganhador do prêmio Nobel de economia William Vickrey foi o primeiro a propor um sistema de cobrança eletrônica de pedágio para a região metropolitana de Washington. Ele propôs que cada veículo fosse equipado com um *transponder*. O sinal personalizado do dispositivo eletrônico seria captado no momento em que o carro cruzasse uma interseção e então transmitido para um sistema computacional central, que iria calcular a tarifa de acordo

com o local e a hora do dia. Em seguida, o valor correspondente à tarifa seria então descontado automaticamente da conta do motorista (KELLY, 2006).

Apesar de o primeiro estudo publicado ser de um norte-americano, a Noruega foi pioneira na implementação dessa tecnologia, sendo a coleta eletrônica de pedágio (ETC) introduzida pela primeira vez em Ålesund, em 1987, operando conjuntamente com praças de pedágio tradicionais. A Noruega tem mais de 70 anos de experiência no financiamento de infraestrutura através da cobrança direta aos usuários, possuindo, atualmente, aproximadamente 45 projetos de rodovias pedagiadas em operação, incluindo seis anéis urbanos contornando as maiores cidades do país, como Oslo, Bergen e Stavanger (WÆRSTED, 2005). A AutoPASS é o sistema padrão norueguês para a cobrança eletrônica de pedágio e opera 23 das 45 rodovias pedagiadas do país. A Figura 19 mostra uma via com pedágio na Noruega. A faixa de cobrança eletrônica possui capacidade próxima a 1.600 veículos por hora enquanto a capacidade nas faixas de cobrança manual e de moedas é de 300 veículos por hora.

Fonte: Wærsted, 2005



Figura 19 – Foto de via pedagiada em área urbana na Noruega

Nos Estados Unidos, a primeira utilização em grande escala de cobrança eletrônica de pedágio por sistema de Identificação por radiofrequência (RFID) ocorreu em 1989, com a implantação do sistema *TollTag*, pela *Amtech*, na *Dallas North Tollway*. A *Dallas North Tollway* é uma rodovia de 51 km com acesso controlado, operado pela agência *North Texas Tollway Authority* (NTTA), que vai do centro de Dallas até Frisco, duas cidades do estado do Texas. Usuários do *TollTag* foram originalmente tarifados em US\$ 0,05 extras por transação, mas em 1999, a agência mudou sua política para encorajar o uso do *TollTag*, dando aos

usuários um desconto em relação ao valor do pedágio pago com dinheiro. Já em 2007, a NTTA anunciou planos para eliminar progressivamente cabines de pedágio tripuladas, passando a operar somente cobranças eletrônicas em 2010 (LINDENBERGER, 2007).

A Figura 20 mostra uma placa de aviso aos motoristas da aplicação de multa em caso de violação e também um pórtico de cobrança eletrônica.



**Figura 20 – Fotos da Dallas North Tollway (placa de aviso e pórtico)**

A NTTA e a empresa *Eletronic Transaction Consultants* implementaram em 2001 o primeiro sistema norte-americano de Rodovia de Pedágio Aberto com controle de cobrança em mais de três faixas na *President George Bush Turnpike* (Eletronic Transaction Consultants, 2013).

Já a primeira rodovia com cobrança de pedágio totalmente eletrônica, a *Ontario Highway 407* (mostrada na Figura 21), foi inaugurada no Canadá em 1997, utilizando a combinação da tecnologia de radiofrequência com o reconhecimento automático da placa do veículo (MITCHELL, 1997). A *Highway 407*, também conhecida como *407 Express Toll Route*, é uma rodovia de aproximadamente 107 km, com operação privada, localizada na província canadense de Ontario. Não existem praças de pedágio ao longo da estrada. *Transponders (tags)* ou mesmo as placas dos veículos são lidos em pontos de entrada e saída e a distância percorrida por cada um é calculada eletronicamente. Definida a tarifa a ser paga, a conta é então enviada para a residência dos proprietários dos veículos dias depois. Desde a abertura da rodovia, o pedágio tem gerado opiniões controversas, inclusive com ações movidas pela província.

Fonte: www.5.407etr.com



Fonte: usefugenda.blogspot.com



Figura 21 – Fotos da 407 Express Toll Route (placa de sinalização e pórtico)

Por fim, vale citar o exemplo sul-americano já implantado de Rodovia de Pedágio Aberto, em Santiago do Chile. Atualmente, existe uma rede de mais de 150 km de vias expressas que cobram pedágio usando apenas o sistema *free-flow*. Esta rede atravessa a cidade de norte a sul (*Autopista Central*), de leste a oeste (*Costanera Norte*) e abrange também os anéis noroeste (*Vespucio Norte*) e sul (*Vespucio Sur*) em torno desta área movimentada da região metropolitana, que possui aproximadamente 7 milhões de pessoas. Recentemente, a rede viária urbana com *free-flow* foi expandida, incluindo também a *Radial Nororient*, o túnel *San Cristobal* e o acesso do Aeroporto de Santiago (KAPSCH, 2013).

Fonte: Kapsch, 2013

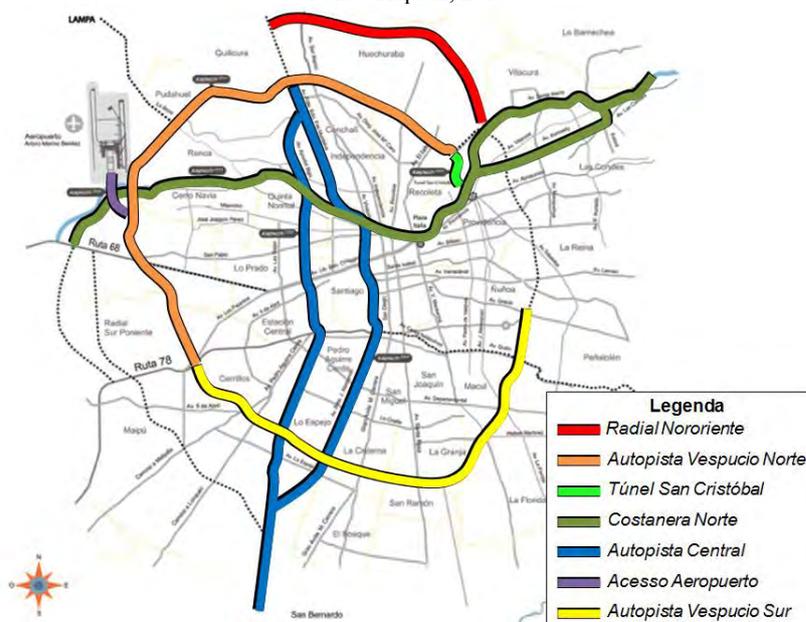


Figura 22 – Localizao das vias urbanas com *free-flow* em Santiago do Chile

Alguns números do programa chileno de concessão de vias expressas urbanas são: 1.866.000 *tags* ativos; 78 pórticos de cobrança; mais de 1.000 milhões de transações anuais; e 18 milhões de faturas de cobrança de pedágio anual (RIVAS, 2011).

Um dos motivos da grande adesão dos chilenos ao *free-flow* se deve ao fato de o governo ter bancado os custos de instalação dos *tags* no início da operação. Além disso, o Ministério de Obras Públicas do Chile desempenhou um importante papel na interoperabilidade do sistema, estabelecendo uma base de dados central de registro nacional de usuários OBU. A interoperabilidade permite que o mesmo *tag* seja utilizado para tarifação em diferentes concessionárias. Os proprietários dos veículos são cobrados separadamente por cada concessionária, mas apenas um *tag* é instalado em cada veículo.

No que diz respeito à fiscalização de violações, os veículos sem *tag* têm suas placas fotografadas e lidas automaticamente. Com a foto da placa, o dono é identificado no registro nacional de veículos motorizados e é cobrada uma tarifa fixa por um dia inteiro de uso da rodovia. Se o pagamento não for efetuado no prazo de 20 dias, os dados são enviados à polícia para exigir o pagamento da multa por infração à lei de trânsito, porém o dinheiro da multa não é entregue à concessionária. Assim, a obrigação de pagar à concessionária continua vigente, independentemente de a multa ter sido paga ou não.

Além dos exemplos citados, a coleta eletrônica de pedágio já é utilizada em vários sistemas rodoviários ao redor do mundo. Em 2006, mais de 60 milhões de OBUs já estavam em uso em todo o mundo, principalmente para a coleta eletrônica de pedágio (PICKFORD, BLYTHE, 2006). A Tabela 5 a seguir apresenta algumas informações básicas de sistemas *free-flow* em operação em diferentes países.

**Tabela 5 – Exemplos de sistemas viários que adotaram o *free-flow***

Nome	Local	Extensão (km)	Modo de Operação	Início da operação
 <i>Costanera Norte</i>	Santiago, Chile	423	RFID e OCR	2004
 <i>407 Express Toll Route</i>	Ontario, Canadá	107	RFID e OCR	1997
 <i>City Link</i>	Melbourne, Austrália	22	RFID e OCR	1999
 <i>Highway 6</i>	Israel	140	RFID e OCR	2000
 <i>Florida's Turnpike</i>	Flórida, Estados Unidos	526	RFID e OCR	1999
 <i>Dallas North Tollway</i>	Texas, Estados Unidos	51	RFID e OCR	1999
 <i>Salik</i>	Dubai, Emirados Árabes Unidos	-	RFID	2007
 <i>Singapore ERP</i>	Singapura	-	Somente RFID	1998
 <i>Central London</i>	Londres, Inglaterra	-	Somente OCR	2003
 <i>AutoPASS</i>	Noruega	-	RFID e OCR	2001
 <i>Highway 2000</i>	Jamaica	230	RFID	2000

Fonte: Próprio autor<sup>10</sup>

O tratamento dado aos inadimplentes nas rodovias com *free-flow* é variável. A concessionária *Highway 6*, em Israel, faz a cobrança diretamente dos usuários irregulares. Já na australiana *City Link*, a concessionária não tem esse direito, devendo enviar os dados dos infratores para a polícia. No caso da *407 Express Toll Route*, no Canadá, os veículos inadimplentes estão sujeitos à não-renovação do licenciamento.

Conforme dito anteriormente, a identificação dos veículos também é variável. O mecanismo de coleta automática da empresa *Toll Collect*, responsável pela arrecadação de pedágio na Alemanha, é baseado na combinação de uma tecnologia de telecomunicação móvel com um sistema de posicionamento global via satélite. A unidade *on-board* (OBU), instalada no caminhão, usa os sinais do satélite para determinar a posição do caminhão e automaticamente

<sup>10</sup> Os sistemas de *free-flow* citados na tabela cuja extensão encontra-se indisponível se tratam de redes (malhas) de rodovias ou vias urbanas com cobrança eletrônica.

calcula o valor do pedágio, transmitindo as informações ao centro de computação da *Toll Collect*.

Já na *Highway 2000*, na Jamaica, a cobrança é feita nos pórticos localizados ao longo da rodovia. A tarifa é calculada de acordo com a altura e comprimento do veículo e há desconto por frequência de viagem. Algo semelhante ocorre na *Highway 6*, onde o usuário eventual paga taxas maiores que os frequentes. Ainda na mesma rodovia, existe um incentivo aos usuários de longa distância. Quanto maior o número de pórticos atravessados, menor o valor cobrado por cada um deles. Além disso, independentemente do número de pórtico atravessados, os usuários pagam uma tarifa mínima, equivalente a um número determinado de pórticos. Já nas *Autopistas* chilenas, inseridas no meio urbano, o pedágio varia por tipo de veículo e hora do dia (pico, fora do pico e saturação).

### **3.6. O que já foi feito no Brasil**

A adoção da identificação automática de veículos (AVI) foi um importante passo no processo de evolução tecnológica nas concessões de rodovias no Brasil. No estado de São Paulo, este sistema funciona desde 2000 em caráter oficial. Para os Estados do Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Rio de Janeiro ele foi integrado nos últimos anos e também permite ao usuário utilizar estacionamentos de shoppings e aeroportos sem necessidade de utilização de tíquetes de estacionamento.

O sistema conta com o mesmo transmissor de radiofrequência utilizado em sistemas de RPA, colado ao para-brisa dos veículos para seu reconhecimento. Usuários de rodovias concedidas que aderem ao sistema não necessitam parar e realizar pagamentos nas praças de pedágio, uma vez que o AVI registra a passagem do veículo pela praça através de sinais decodificados e a tarifa é cobrada posteriormente de seu proprietário (SENNA, MICHEL, 2006).

Até o ano de 2012, o serviço era fornecido apenas por uma empresa (Serviços e Tecnologia de Pagamento). Chamado de “Sem Parar”, o sistema tem por objetivo implementar a cobrança eletrônica de pedágios e garantir a integração dos sistemas de pagamento automático em âmbito nacional. Com o início da operação de sistemas concorrentes (“Auto Expresso” e “Connect Car”), os motoristas que optarem pelas novas prestadoras do serviço usarão as

mesmas cabines de cobrança automática anteriormente destinadas ao “Sem Parar, e é possível que os preços para a adesão e aquisição dos *tags* caiam.

Para usar o sistema de RFID, o usuário interessado é cadastrado por meio de um contrato de adesão e recebe o dispositivo eletrônico (*tag*). Com o equipamento instalado, o veículo pode utilizar qualquer praça de pedágio ou estacionamento que conte com o sistema, conforme mostrado na Figura 23.



**Figura 23 – Exemplos de pontos de cobrança eletrônica por AVI no país**

Em data posterior, o usuário recebe um extrato com todos os dados das operações efetuadas, como data e local de utilização, bem como o valor de cada tarifa cobrada. O valor é então debitado na conta corrente ou cartão de crédito do cliente. O usuário conta ainda com um serviço de atendimento ao consumidor através do qual é possível esclarecer dúvidas em relação à fatura, contestar cobranças indevidas, entre outros.

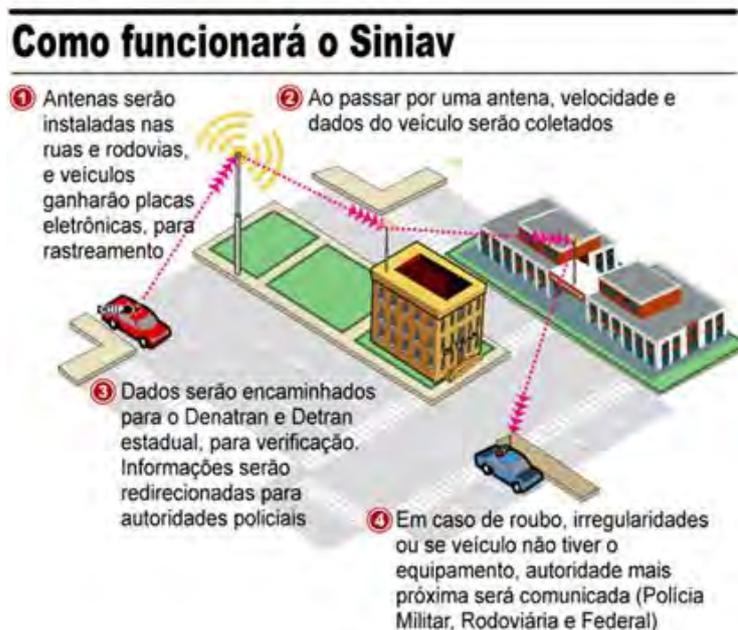
Em 2011, o sistema já era responsável, em média, por 38% das transações ocorridas em praças de pedágio no país (sendo que ultrapassa 70% em algumas praças). Mais de 2,9 milhões de veículos já utilizavam o sistema, comercializado em postos de atendimento (instalados em posto de atendimento aos usuários de rodovias concedidas, shoppings, etc.) e pela internet (SCALIONE, 2011).

Outro passo importante para a migração do pedágio para o sistema de RPA pode ter sido a oficialização do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos pelo DENATRAN em 2006. O SINIAV é um projeto que cria a obrigatoriedade de todos os veículos circulantes possuírem um *transponder* associado à placa do veículo. Isso permitirá

que os órgãos de trânsito fiscalizem a frota nacional a fim de evitar roubo/furto de veículos/cargas, controlar tráfego, restringir acesso em zonas urbanas, fiscalizar velocidade média, aplicar multas e localizar veículos roubados.

Para tanto, um chip será implantado no carro e conterá informações básicas sobre o veículo, como modelo, ano, cor, se o IPVA foi pago ou não, etc. O chip estará sempre ativo e identificando o veículo em qualquer ponto do território nacional, seja em estradas ou vias urbanas. O gerenciamento dessas informações será feito através de antenas espalhadas em lugares estratégicos dos centros urbanos e rodovias, como ilustra a Figura 24.

Fonte: [www.fenauto.org.br](http://www.fenauto.org.br)



**Figura 24 – Funcionamento do SINIAV**

Para evitar queixas em relação ao armazenamento indiscriminado de informações pessoais, o DENATRAN optou pela criação de dois bancos de dados distintos. A definição sobre que tipo de informação será captada e qual será a sua finalidade dependerá, exclusivamente, da condição do carro. Num primeiro banco de dados serão guardadas informações de veículos que estejam em situação regular, ou seja, aqueles que não têm nenhum tipo de pendência ou restrição. Já o segundo banco de dados vai armazenar informações de carros com licenciamento vencido, bloqueio judicial, falta de inspeção ambiental, notificação de roubo ou furto, entre outros (Valor Econômico, 2013). As informações de veículos irregulares são então transmitidas para os agentes de fiscalização, assim como o local no qual o mesmo foi

detectado, permitindo uma posterior abordagem. A Figura 25 resume, de forma semelhante à Figura 24 porém com outras palavras e imagens, o processo de leitura das informações pelos equipamentos do SINIAV e transmissão para a polícia.

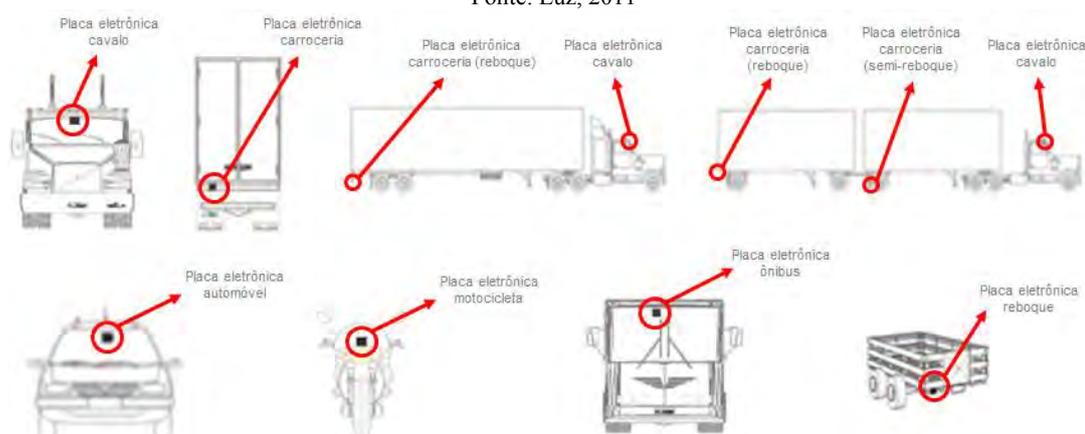
Fonte: siniav2011.blogspot.com



**Figura 25 – Transmissão de dados do SINIAV para a polícia**

O SINIAV permitirá a identificação de todo o tipo de veículo com *tags* (etiquetas eletrônicas) instalados em automóveis, motocicletas, ônibus e caminhões. Para identificação da configuração de carretas ou mesmo carros com reboques, cada unidade tracionada também deverá possuir um tag, como mostra a Figura 26.

Fonte: Luz, 2011



**Figura 26 – Localização dos tags do SINIAV nos diferentes tipos de veículos**

Todos os veículos novos terão que sair de fábrica com o *tag* do SINIAV já instalado, enquanto os veículos usados terão o dispositivo instalado e cobrado do proprietário na hora de renovar o licenciamento do veículo. O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que havia determinado a implantação dos chips de monitoramento nos veículos zero quilômetro, a partir de uma data entre janeiro de 2013 e julho de 2014, prorrogou o prazo para 30 de junho de 2015.

Além das cabines de identificação automática de veículos (AVI) em praças de pedágio e do SINIAV, outro importante avanço tecnológico visto recentemente na Brasil consiste no início da fase de testes de um sistema de Rodovia de Pedágio Aberto em uma rodovia concedida paulista. A Figura 27 mostra, de forma ilustrativa, a diferença entre o sistema de cobrança de pedágio tradicional e o *free-flow*, em termos de infraestrutura.

Fonte: Andrade, 2012

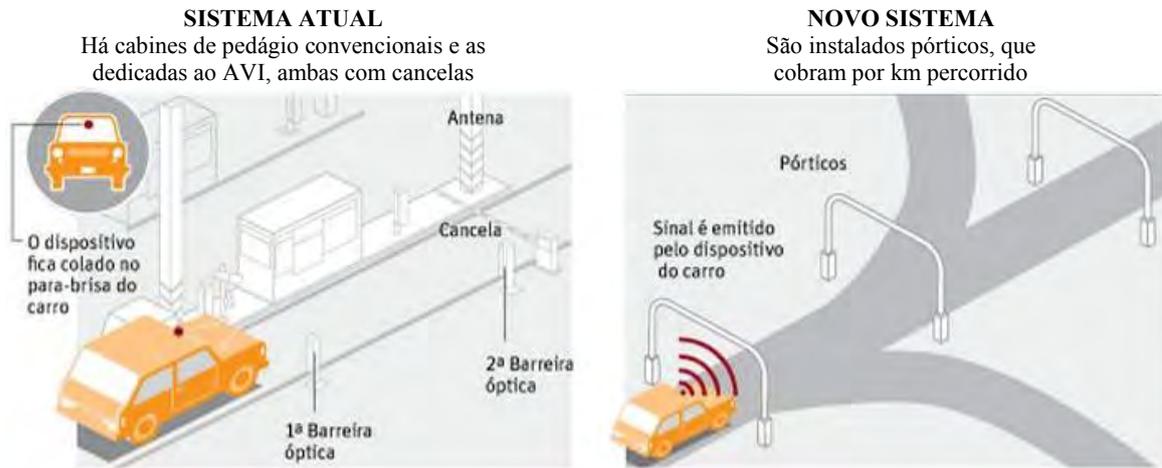


Figura 27 – Diferença entre o sistema de cobrança de pedágio tradicional e o *free-flow*

O sistema, denominado de “Ponto a Ponto”, é um programa do governo do Estado de São Paulo que prevê uma nova forma de cobrança de pedágio nas rodovias paulistas, feita de forma eletrônica e com base no trecho percorrido pelo usuário (ARTESP, 2012). Assim, usuários do trecho concedido que possuem o *tag* instalado em seus veículos não pagam a tarifa cheia cobrada na praça de pedágio, mas sim um valor proporcional ao número de pórticos atravessados, possibilitando que viagens de curta distância entre municípios da região sejam feitas a um custo menor.

O primeiro experimento, localizado na Rodovia Santos Dumont (SP-075), começou a ser operado em 2012, por meio da instalação gratuita de *tag*, no trecho entre Sorocaba (SP) e Campinas (SP), conforme mostrado na Figura 28.

Fonte: Próprio autor



Figura 28 – Trecho do “Ponto a Ponto” na Rodovia Santos Dumont (SP-075)

O respectivo trecho da Rodovia SP-075 pertence ao lote 13 do PECR paulista, concedido a Rodovias das Colinas, que administra 307 km de rodovias na região sudeste do estado. Esta foi escolhida para o primeiro experimento por oferecer as melhores condições técnicas e operacionais para aplicação dos testes da cobrança por trecho percorrido.

São oito pórticos em ambos os sentidos da rodovia, entre o km 15 e o km 77. Na praça de pedágio convencional, no qual antes todos os usuários pagavam a tarifa plena, é necessário que o usuário dirija-se até a cabine de cobrança automática, indicada com o logotipo do “Ponto a Ponto”, na qual a antena faz a leitura do sistema e liberação automática da cancela. Nas praças de bloqueio também é necessário que o usuário reduza a velocidade do veículo para leitura do *tag* e liberação da cancela. Nos pórticos, o usuário poderá passar livremente, respeitando a velocidade da rodovia. A localização dos pórticos em operação na rodovia pode ser visualizada da Figura 29.

Fonte: [www2.artesp.sp.gov.br](http://www2.artesp.sp.gov.br)

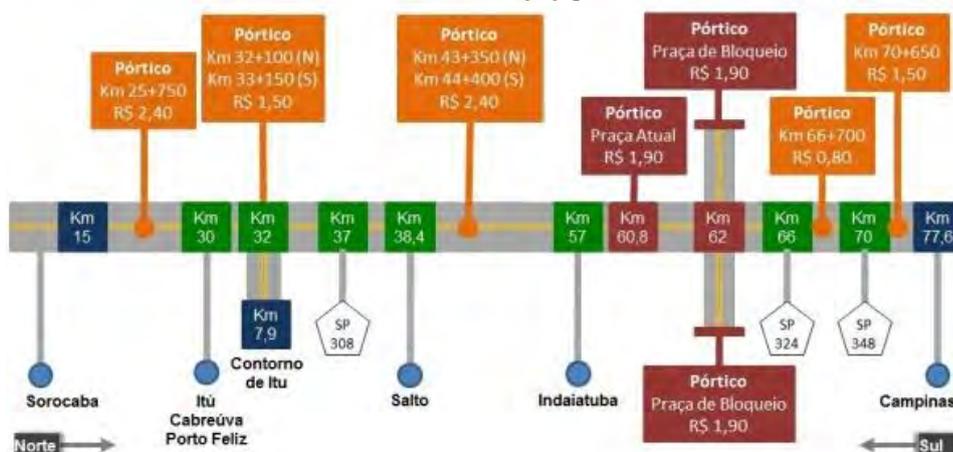


Figura 29 – Localização dos pórticos na rodovia Santos Dumont

A Figura 30 mostra um pórtico de cobrança do “Ponto a Ponto” e uma praça de pedágio com faixa exclusiva para usuários do sistema.

Fonte: [www2.artesp.sp.gov.br](http://www2.artesp.sp.gov.br)



Fonte: [noticias.band.uol.com.br](http://noticias.band.uol.com.br)



**Figura 30 – Pórtico de cobrança do “Ponto a Ponto” e uma praça com faixa exclusiva**

De acordo com a ARTESP, a proposta do “Ponto a Ponto” atende a um anseio antigo dos paulistas por uma maior equidade do pedágio, uma vez que, no sistema de cobrança de pedágio convencional, estes pagam uma tarifa muitas vezes correspondente a um trecho que não percorreram da rodovia, enquanto outros usuários não pagam tarifa alguma, dependendo do local de entrada e saída.

A intenção inicial é reduzir ou eliminar distorções na tarifa em alguns pontos. Atualmente 70% do público da rodovia são usuários frequentes que utilizam a rodovia basicamente para o deslocamento entre sua residência e o trabalho (ARTESP, 2012). Segundo a Secretaria de Transportes e Logística do estado, o usuário que aderir ao projeto piloto e percorrer o trecho entre Indaiatuba e Campinas terá economia de cerca de 60% no pedágio (ANDRADE, 2012).

Por fim, ainda se tratando de avanços tecnológicos em direção à implantação de sistemas *free-flow*, vale também destacar o modelo de política tarifária previsto/estudado para o Contorno Metropolitano Norte (CMN) da Região Metropolitana de Belo Horizonte, uma via estruturante planejada do sistema viário da cidade, conectando a BR-040 (saída para o Rio de Janeiro) à BR-381 (saída para Governador Valadares), atravessando diversas cidades da região metropolitana da capital mineira. Com aproximadamente 67 km de extensão, características de via de trânsito rápido (*freeway*) e acessos controlados, o CMN é uma obra prioritária para o governo estadual e tem como principal objetivo retirar o tráfego de passagem de veículos pesados da mancha urbana de Belo Horizonte e do atual Anel Rodoviário.

De acordo com a Minuta de Edital para Concessão Patrocinada para Exploração do CMN (SETOP, 2013), a construção da via dar-se-á através de uma concessão patrocinada,

consoante a lei de PPP, para a exploração mediante a realização das obras de implantação, a prestação dos serviços pela concessionária e a cobrança de pedágio a ser pago pelos usuários.

Através da mesma tecnologia utilizada em sistemas *free-flow*, as tarifas de pedágio variarão em função da distância percorrida e da categoria do veículo. Terão direito ao pagamento da tarifa proporcional, os usuários que possuírem etiquetas eletrônicas (*tags*) válidas no momento de entrada no CMN, de modo que seja possível o registro da extensão do trecho percorrido para cálculo do pedágio eletrônico. Por outro lado, os usuários que não possuírem *tags* válidas terão de pagar o valor máximo da tarifa de pedágio.

Para o cálculo da tarifa proporcional à distância percorrida, será obedecida a seguinte regra: a tarifa mínima paga pelo usuário para trafegar no CMN corresponde a percursos de até 10 km, cujo valor é de R\$3,00. A tarifa máxima de pedágio paga corresponde a percursos a partir de 35 km, cujo valor é de R\$7,00. Ao usuário que percorrer entre 10 e 35 km será cobrada uma tarifa de pedágio, proporcional ao trecho percorrido, com valor entre R\$3,00 e R\$7,00, sendo o preço por quilômetro definido pela diferença entre o valor máximo e o valor mínimo do pedágio.

Assim, sistemas de RPA fazem uso de uma tecnologia moderna para introduzir um novo modelo de cobrança de pedágio, gerando diferentes benefícios para o usuário de rodovias tarifadas. Além disso, a implantação de sistemas *free-flow* é uma tendência mundial, já faz parte de políticas de transporte nacionais que têm como objetivo baixar os custos de transporte para usuários de rodovias concedidas.

Entretanto, é preciso também avaliar qual o impacto dessas medidas no equilíbrio econômico-financeiro das concessões, uma vez que estes sistemas podem interferir significativamente na demanda da rodovia, uma vez que alteram o custo total de muitas viagens hoje realizadas.

Para tanto, propõe-se um estudo de caso para avaliação do comportamento dos usuários em um cenário hipotético de implantação do sistema *free-flow* em uma rodovia atualmente concedida e com praças de pedágio convencionais. No próximo capítulo serão apresentados os possíveis impactos do sistema RPA na demanda pagante da rodovia MG-050, alcançados através da simulação do fluxo de veículo em modelo digital de transportes representativo da situação atual na malha rodoviária da região.

## 4. APLICAÇÃO PRÁTICA: MG-050

### 4.1. Contextualização

O governo do Estado de Minas Gerais, seguindo sua diretriz de criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento, ciente da necessidade e da importância dos investimentos em infraestrutura de transportes, assinou em junho de 2007 o primeiro contrato de PPP no setor rodoviário do país. O objeto do contrato foi a MG-050, importante rodovia do sudoeste do estado e rota de ligação com o norte do estado de São Paulo (GUIMARÃES NETO, 2008), atendendo diretamente a 50 municípios que abrigam 7,4% da população de Minas Gerais.

Ao todo, a concessão possui uma extensão de aproximadamente 371 quilômetros, compreendendo o trecho da MG-050 entre o entroncamento com a BR-262, em Juatuba, e São Sebastião do Paraíso, além de outros dois trechos menores de rodovias: BR-491, entre entroncamento com a MG-050 e o entroncamento com a BR-265 (Contorno de São Sebastião do Paraíso); e BR-265, entre entroncamento com a BR-491 e a divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo. A Figura 31 mostra a localização do trecho da rodovia em questão.

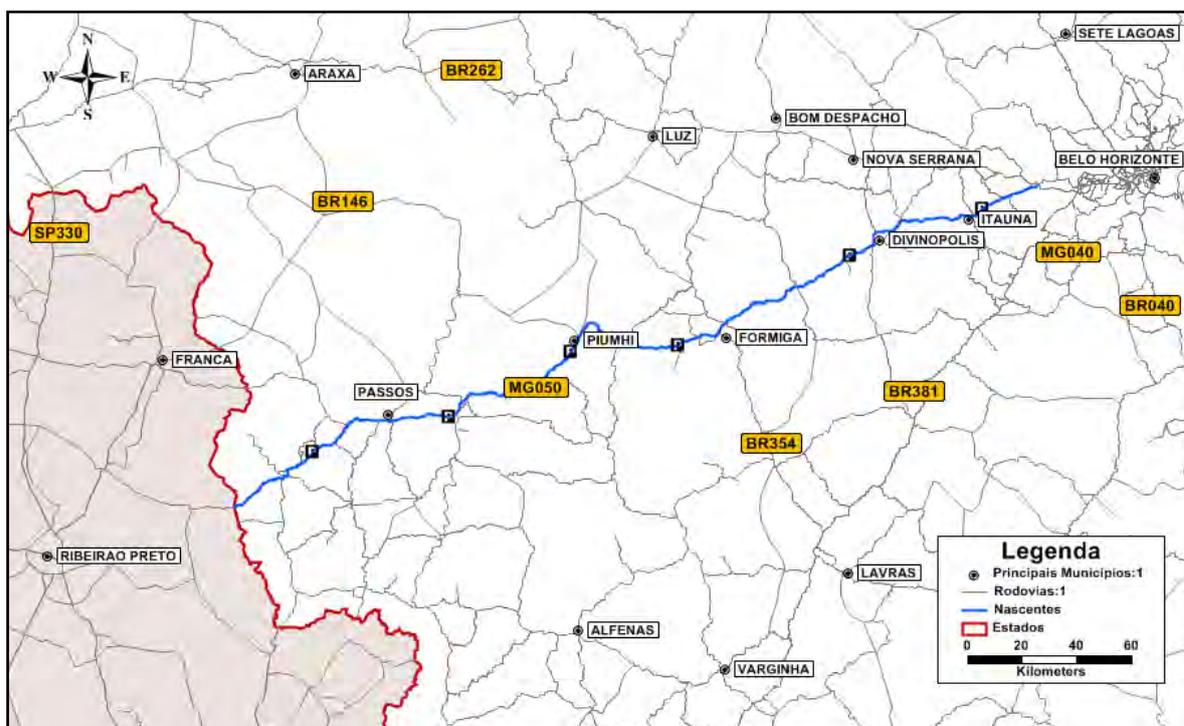


Figura 31 – Localização do trecho da rodovia MG-050 concedido

De acordo com Guimarães Neto (2008), para a licitação foram definidos:

- ✓ A tarifa de pedágio a ser praticada de R\$3,00 por praça de pedágio, em valores de 2005, sendo o número total de praças igual a seis;
- ✓ O índice adotado para correção anual do valor da tarifa de pedágio e da Contraprestação Pecuniária (CP) foi o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA);
- ✓ O cronograma de investimentos relativo às intervenções a serem realizadas na rodovia nos 25 anos de contrato;
- ✓ O critério de escolha do vencedor foi a menor CP anual, sendo estabelecido o valor limite de R\$35 milhões;
- ✓ A data de início da cobrança de pedágio foi estipulada para o décimo terceiro mês, contados a partir da transferência da rodovia para a Concessionária. Antes disso, nos primeiros doze meses, a rodovia passaria por uma recuperação funcional com o objetivo de dotá-la de condições de conforto e segurança mínimas para os padrões previamente estabelecidos;
- ✓ As demais exigências contratuais, como fiscalização da rodovia, atendimento de urgência e emergência e outros temas relevantes à concessão.

Dessa forma, a concessão firmada de 25 anos, exige que o consórcio vencedor do processo de licitação - Nascentes das Gerais - recupere a rodovia, além de investir em uma série de melhorias na estrada, como acessos, obras-de-arte, sinalização e serviços. Até 2032, serão mais de R\$710 milhões aplicados, sendo que R\$70 milhões foram investidos nos primeiros doze (12) meses de operação, resultando em uma significativa melhoria na infraestrutura da rodovia, como ilustra a Figura 32.

Fonte: [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com)



**Figura 32 – Trechos da MG-050**

A concessão da MG-050, por ser pioneira no estado na cobrança de pedágio (com exceção da praça da Concer na BR-040 próxima à Juiz de Fora), é motivo de discórdia no cenário político-social. Antes da mesma, os motoristas mineiros não estavam acostumados a pagar pedágio para trafegar em rodovias do estado. Além disso, a concessão da rodovia Fernão Dias (BR-381) pelo Governo Federal, trouxe distorções tarifárias importantes devido a critérios distantes de julgamento das licitações, o que ocasionou em tarifas diferentes nos dois corredores em território mineiro (R\$3,50 por eixo simples na rodovia estadual frente a R\$1,10 cobrado na federal, em valores de junho de 2009).

#### **4.2. Objetivo do estudo de caso**

Neste contexto, a possibilidade de implantação de um novo sistema de cobrança de pedágio, capaz de diminuir o valor do pedágio através do aumento da base de veículos pagantes e contribuir para a equidade entre os usuários da rodovia, torna-se uma alternativa importante.

Dessa forma, busca-se neste capítulo descrever a metodologia utilizada e os resultados alcançados em um primeiro estudo, ainda que pouco detalhado, de estimativa da demanda potencial na rodovia em um cenário hipotético de implantação do sistema *free-flow*.

Para tanto, utilizou-se de um modelo de simulação de redes de transporte, descrito mais adiante, para representar a situação atual da rodovia MG-050 e, logo após, verificar os impactos gerados pela modificação da forma de tarifação da concessão.

### **4.3. Caracterização atual da rodovia**

As condições operacionais de uma rodovia diferem ao longo da sua extensão em função da variação das características físicas e de tráfego desta. Por esse motivo, segmenta-se uma determinada rodovia analisada em Trechos Homogêneos (THs) que, segundo Panitz (2007), devem possuir condições operacionais razoavelmente constantes ao longo de sua extensão.

Em relação ao tráfego, a divisão de uma rodovia em THs deve se dar em função dos acessos a cidades ou polos cujo potencial de geração ou atração de tráfego é significativo, ou ainda em função dos entroncamentos com outras rodovias, nas quais os volumes de entrada ou saída são expressivos.

De acordo com o Edital de Concorrência para Concessão Rodoviária da MG-050 (DER/MG, 2006), o sistema rodoviário concedido se divide em 20 THs, apresentados na Tabela 6, dentre os quais 18 são trechos da rodovia MG-050.

**Tabela 6 – Trechos Homogêneos estabelecidos pelo Edital de Concessão da MG-050**

Rodovia	TH	Referência				Extensão (km)
		Início	km	Fim	km	
MG-050	1	Entroncamento BR-262	57,6	Fim Perímetro Urbano Mateus Leme	69,4	11,8
MG-050	2	Fim Perímetro Urbano Mateus Leme	69,4	Nada (próximo a Itaúna)	80,0	10,6
MG-050	3	Nada (próximo a Itaúna)	80,0	Acesso 1 p/ Itaúna (MG-431)	86,5	6,5
MG-050	4	Acesso 1 p/ Itaúna (MG-431)	86,5	Acesso 2 p/ Itaúna (Av. M. R. Silva)	92,2	5,7
MG-050	5	Acesso 2 p/ Itaúna (Av. M. R. Silva)	92,2	Divinópolis (BR-494)	126,0	33,8
MG-050	6	Divinópolis (BR-494)	126,0	Fim Perímetro Urbano Divinópolis	132,0	6,0
MG-050	7	Fim Perímetro Urbano Divinópolis	132,0	Acesso p/ São Sebastião do Oeste	143,7	11,7
MG-050	8	Acesso p/ São Sebastião do Oeste	143,7	Entroncamento MG-164	164,8	21,1
MG-050	9	Entroncamento MG-164	164,8	Acesso p/ Córrego Fundo	212,8	48,0
MG-050	10	Acesso p/ Córrego Fundo	212,8	Nada (próximo a Piumhi)	261,6	48,8
MG-050	11	Nada (próximo a Piumhi)	261,6	Acesso p/ Capitólio	284,7	23,1
MG-050	12	Acesso p/ Capitólio	284,7	Acesso p/ Alpinópolis (MG-446)	331,0	46,3
MG-050	13	Acesso p/ Alpinópolis (MG-164)	331,0	Passos (Av. Juca Stockler)	354,6	23,6
MG-050	14	Passos (Av. Juca Stockler)	354,6	Acesso p/ Fortaleza de Minas	359,3	4,7
MG-050	15	Acesso p/ Fortaleza de Minas	359,3	Início Perímetro Urbano Passos	369,1	9,8
MG-050	16	Início Perímetro Urbano Passos	369,1	Acesso p/ Cássia (MG-3444)	372,1	3,0
MG-050	17	Acesso p/ Cássia (MG-3444)	372,1	Acesso p/ Pratápolis (MG-444)	387,7	15,6
MG-050	18	Acesso p/ Pratápolis (MG-444)	387,7	Início Contorno São Sebastião	402,0	14,3
BR-491	19	Início Contorno São Sebastião	0,0	Fim Contorno São Sebastião	4,7	4,7
BR-265	20	Fim Contorno São Sebastião	637,2	Divisa MG/SP	659,5	22,3
<b>Extensão Total</b>						<b>371,4</b>

Fonte: Próprio autor a partir de dados do Edital de Concessão da MG-050 (DER/MG, 2006)

A MG-050 conta com seis praças de pedágio instaladas ao longo de sua extensão. A cobrança de pedágio nestas praças teve início no dia 13 de junho de 2008, quando a Concessionária começou a coletar os dados de tráfego. As Praças de Pedágio estão localizadas em: Itaúna (km 81); Divinópolis (km 140,5); Formiga (km 219,9); Capitólio (km 270,7); Rio Conquista (km 333); e São Sebastião do Paraíso (km 389,2). A Figura 33 apresenta a localização das praças ao longo da rodovia.

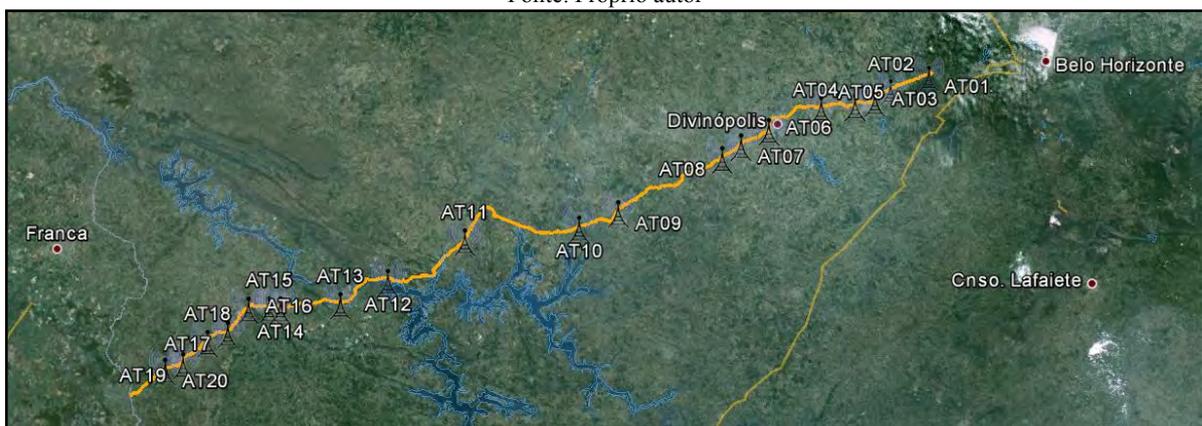
Fonte: Próprio autor



**Figura 33 – Localização das Praças de Pedágio na MG-050**

Além das praças, a rodovia também tem instalados, ao longo de sua extensão, 20 Analisadores de Tráfego (ATs). Os ATs são sensores indutivos (detectores de massa metálica) instalados ao longo da rodovia, com a função de quantificar os veículos que trafegam por ela. A localização dos Analisadores de Tráfego é apresentada na Figura 34.

Fonte: Próprio autor



**Figura 34 – Localização dos Analisadores de Tráfego (ATs) na MG-050**

Como fonte de dados para definição do volume de veículos ao longo do corredor, foram disponibilizadas pela Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP) as séries históricas das Praças de Pedágio e dos Analisadores de Tráfego (ATs). As contagens realizadas nas praças de pedágio representam a principal fonte de dados, pois são registradas ininterruptamente e atreladas à cobrança de tarifa pela Concessionária. Já as contagens dos ATs permitem definir mais precisamente o comportamento do tráfego nos diferentes Trechos Homogêneos.

As Praças de Pedágio, em função da tarifação dos veículos por eixo rodante, registram e classificam os veículos em nove categorias, entre motos, automóveis, ônibus e caminhões. Já os ATs detectam os veículos e os registram em quatro classes: automóveis, comerciais leves, comerciais pesados e motocicletas. Para estudos tarifários, é preciso determinar, ainda, o Volume Diário Médio Anual (VDMA) entre as categorias das Praças de Pedágio. Assim, utilizou-se a seguinte correspondência para segregação (mostrada na Tabela 7) dos dados dos Analisadores de Tráfego.

**Tabela 7 – Correspondência entre Classes dos ATs e Categorias dos Pedágios**

Classes dos Analisadores de Tráfego	Categorias das Praças de Pedágio
Automóveis	Auto - Auto c/ SR - Auto c/ R
Comerciais Leves	Caminhão e Ônibus de 2 a 4 eixos
Comerciais Pesados	Caminhão de 5 ou mais eixos
Motocicletas	Motos

Fonte: Próprio autor

Para que fossem realizadas as distribuições de tráfego dos ATs dentre as classes citadas, foi definida para cada AT uma praça de referência, que representa a praça que detém as características de tráfego mais aproximadas às do AT em questão. Assim, considera-se que cada praça possui uma área de influência englobando todos os ATs que a tomam como referência. As áreas de influência, definidas a partir dos principais entroncamentos da rodovia, estão explicitadas na Tabela 8.

**Tabela 8 – Trechos de Influência das Praças de Pedágio**

Rodovia	Referência			
	Início	km	Fim	km
P1	Entroncamento BR-262	57,6	Divinópolis (BR-494)	126,0
P2	Divinópolis (BR-494)	126,0	Acesso p/ Córrego Fundo	212,8
P3	Acesso p/ Córrego Fundo	212,8	Nada (próximo a Piumhi)	261,6
P4	Nada (próximo a Piumhi)	261,6	Acesso p/ Capitólio	284,7
P5	Acesso p/ Capitólio	284,7	Passos (Av. Juca Stockler)	354,6
P6	Passos (Av. Juca Stockler)	354,6	Divisa MG/SP	659,5

Fonte: Próprio autor

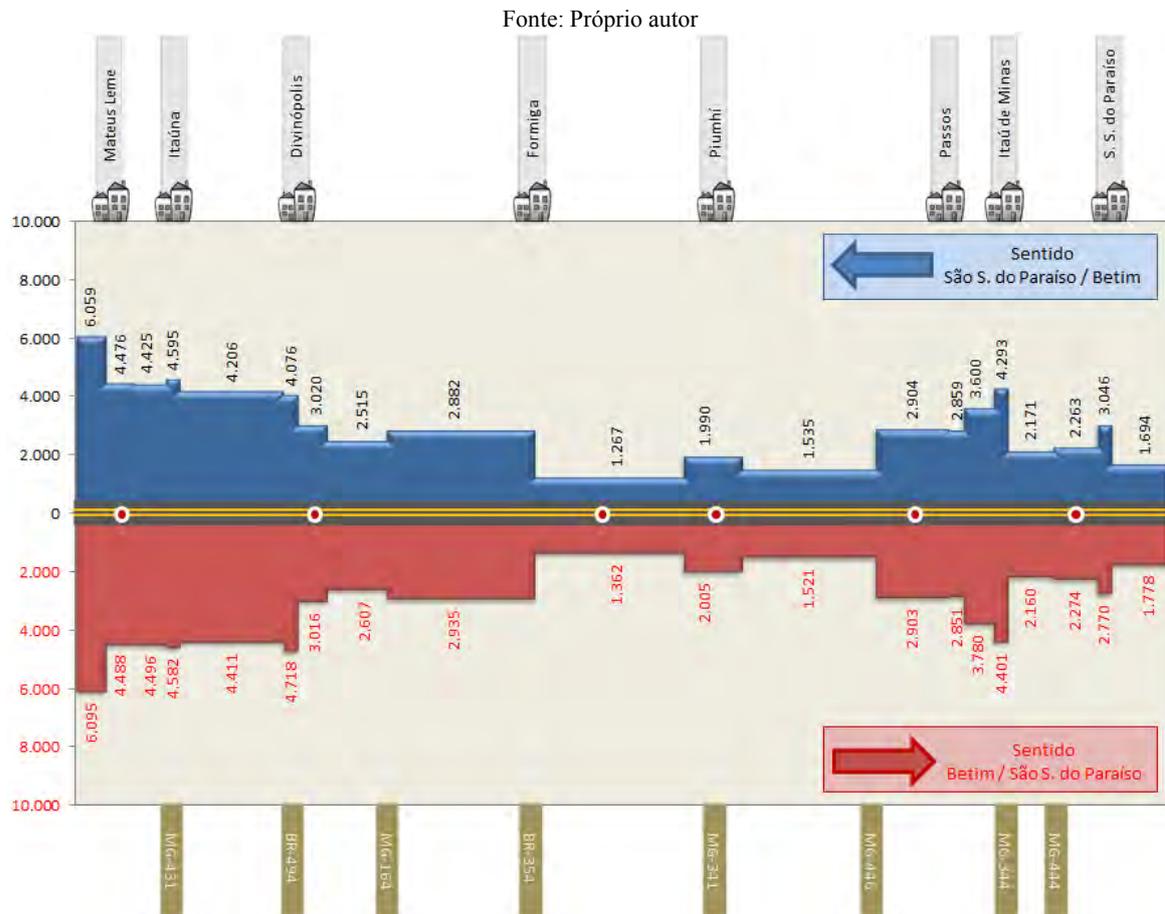
Além da necessidade de compatibilizar as classes registradas nas Praças e nos ATs, os analisadores disponíveis da MG-050 não apresentam registros completos e com dados consistentes durante todo o período devido a falhas operacionais. Assim, foram selecionados os dados de tráfego de apenas um mês em cada AT (o qual apresentasse dados mais consistentes dentre os demais), posteriormente ajustados através da aplicação de fatores de sazonalidade calculados com os dados das Praças de Pedágio para refletir a média diária anualizada de veículos de cada trecho, ou seja, o VDMA.

A Tabela 9 mostra a variação do VDMA ao longo do sistema rodoviário em estudo, no 4º ano de concessão (julho/2010 a junho/2011). Vale ressaltar que a extensão dos trechos de referência variou em relação aos trechos homogêneos do edital no intuito de utilizar o maior número de variações de volumes de veículos verificados através das Praças e dos ATs.

**Tabela 9 – VDMA ao longo do sistema rodoviário em estudo**

Rodovia	km inicial	km final	Extensão (km)	AT de Referência	Praça de Referência	VDMA		
						Sent. SP/MG	Sent. MG/SP	Total
MG-050	57,6	69,4	11,8	AT 01	-	6.059	6.095	12.154
MG-050	69,4	73,3	3,9	AT 02	-	4.341	4.286	8.627
MG-050	73,3	86,5	13,2		P1 (Azurita)	4.476	4.488	8.965
MG-050	86,5	92,2	5,7	AT 04	-	4.595	4.582	9.177
MG-050	92,2	126,0	33,8	AT 05	-	4.206	4.411	8.617
MG-050	126,0	130,9	4,9	AT 06	-	4.076	4.718	8.793
MG-050	130,9	132,0	1,1	AT 07	-	2.865	3.038	5.903
MG-050	132,0	143,7	11,7		P2 (Colheres)	3.020	3.016	6.036
MG-050	143,7	198,5	54,8	AT 08	-	2.515	2.607	5.123
MG-050	198,5	203,0	4,5	AT 09	-	2.882	2.935	5.817
MG-050	203,0	212,8	9,8	AT10	-	1.368	1.350	2.718
MG-050	212,8	264,5	51,7		P3 (Formiga)	1.267	1.362	2.629
MG-050	264,5	267,0	2,5	AT11	-	1.987	2.009	3.996
MG-050	267,0	284,7	17,7		P4 (Capitólio)	1.990	2.005	3.995
MG-050	284,7	331,0	46,3	AT 12		1.535	1.521	3.056
MG-050	331,0	354,6	23,6		P5 (Conquista)	2.904	2.903	5.807
MG-050	354,6	359,3	4,7	AT 14	-	2.859	2.851	5.710
MG-050	359,3	372,1	12,8	AT 15	-	3.600	3.780	7.379
MG-050	372,1	387,7	15,6	AT 17	-	2.171	2.160	4.331
MG-050	387,7	402,0	14,3		P6 (S. Sebast.)	2.263	2.274	4.537
Contorno	0,0	4,7	4,7	AT 19	-	3.046	2.770	5.816
BR-265	637,2	659,5	22,3	AT 20	-	1.694	1.778	3.472

Já o Gráfico 4, a seguir, permite visualizar a variação do VDMA em relação às principais cidades e aos acessos da rodovia.



**Gráfico 4 – Variação do VDMA ao longo da rodovia**

Analisando o gráfico linear, percebe-se uma queda do VDMA nos trechos mais próximos à divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo, provocado pela presença de centros urbanos menores, em contrapartida ao aumento do tráfego próximo às cidades de Mateus Leme e Divinópolis (pela proximidade à Região Metropolitana de Belo Horizonte) e entre as cidades de Itáua de Minas e Passos.

Também é interessante notar como alguns trechos homogêneos com volumes de tráfego mais altos que seus adjacentes não possuem praça de pedágio, o que evidencia a presença de

usuários que não pagam pedágio ao longo da rodovia, mas que são beneficiados pelos serviços prestados pela concessionária.

Para a análise da distribuição espacial, bem como outras características espaciais e operacionais dos fluxos de tráfego que utilizam a MG-050, foram utilizadas duas bases de dados imprescindíveis para a construção de um modelo de simulação de sistemas de transporte:

- ✓ Pesquisas de Origem-Destino (OD) realizadas pelo DER-MG em seis locais da rodovia MG-050, nos anos de 2003 e 2005.
- ✓ Base geográfica digital representativa da infraestrutura viária disponível no país, construída com o suporte do software TransCAD, cedida pela empresa privada prestadora de serviços de consultoria em engenharia de transportes TECTRAN – Técnicos em Transportes Ltda.

Pela pesquisa OD do DER-MG podem-se tirar algumas constatações importantes, descritas a seguir.

Para os automóveis, entre as origens e/ou destinos das viagens, destacam-se os municípios mineiros de Belo Horizonte, Divinópolis, Itaúna e Passos. Além disso, grande parte dos fluxos é interna ao estado de Minas Gerais (mais de 90% das viagens). Destacam-se também as viagens produtivas (as viagens motivadas por trabalho somam aproximadamente 70%) com uso semanal da rodovia (cerca de 40% das viagens).

Ainda para os automóveis, a distância média percorrida na MG-050 é de 54 km, em viagens médias de 161 km (considerando desde a origem até o destino final, incluindo trechos percorridos em outras rodovias). Vale ressaltar também que apenas 5% dos veículos percorrem mais de 300 km em uma só viagem.

Já para os caminhões, quanto às origens e destinos das viagens, destacam-se Belo Horizonte, Divinópolis e Passos, também com a maioria das viagens internas a Minas Gerais (quase 80% das viagens), porém não tanto quanto para os automóveis.

Predominam os caminhões de 2 e 3 eixos (quase 80%), enquanto os bi-trens são quase inexistentes. A maior parte dos caminhões faz uso semanal da MG-050 (próximo de 50% das

viagens), mas parte expressiva (cerca de 25%) faz uso diário. As principais cargas transportadas são: carga geral fracionada, material de construção, minério de ferro, calcário e areia.

Por fim, os percursos dos caminhões são mais extensos do que os dos automóveis, na média geral. Além disso, como era de se esperar, percebe-se que a distância total percorrida aumenta proporcionalmente ao número de eixos dos veículos.

Quanto à infraestrutura viária, vale destacar que se trata de uma rodovia predominantemente de pista simples, relevo acidentado e pavimento regular. Nos primeiros doze meses de operação da concessionária, período de trabalhos iniciais sem cobrança de pedágio, foram realizados diversos serviços de restauração da rodovia, como: recuperação de pavimento e obras-de-arte; eliminação de buracos; implantação de terceiras faixas; pintura de sinalização horizontal, instalação de placas de sinalização vertical e defensas metálicas; e capina das margens da rodovia. Atualmente, já encontra-se duplicado o trecho entre Juatuba (entroncamento com a rodovia BR-262) e Mateus Leme.

#### **4.4. Evolução da tarifa de pedágio**

Após o período de trabalhos iniciais, a partir do dia 13 de junho de 2008, passou a ser cobrada tarifa de pedágio pelo uso da rodovia, conforme estipulado no contrato assinado entre a concessionária Nascentes das Gerais e o Governo de Minas. O valor inicial do pedágio variava de R\$ 1,70 para motos ou eixo de automóveis e R\$ 3,30 para eixos de caminhões e ônibus (eixo tarifário). A Tabela 10 mostra a tarifa cobrada por categoria de veículo no início da concessão (junho de 2008).

**Tabela 10 – Tarifa de pedágio por categoria no início da concessão da MG-050**

Categoria	Tipo de Veículo	Número de Eixos	Rodagem	Multiplicador da tarifa	Valor
1	Automóvel, caminhonete, furgão	2	simples	1,0	3,30
2	Caminhão leve, ônibus, caminhão-trator e furgão	2	dupla	2,0	6,60
3	Automóvel com semi-reboque e caminhonete com semirreboque	3	simples	1,5	5,00
4	Caminhão, caminhão-trator, caminhão-trator com semireboque e ônibus	3	dupla	3,0	9,90
5	Automóvel com reboque e caminhonete com reboque	4	simples	2,0	6,60
6	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semireboque e ônibus	4	dupla	4,0	13,20
7	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semirreboque	5	dupla	5,0	16,50
8	Caminhão com reboque e caminhão-trator com semirreboque	6	dupla	6,0	19,80
9	Motocicleta, motoneta e bicicleta a motor	2	simples	0,5	1,70

Fonte: Próprio autor a partir de dados do Edital de Concessão da MG-050 (DER/MG, 2006)

Com o objetivo de reduzir o valor da tarifa de pedágio a ser cobrada, o contrato da PPP estabelece ainda que Governo do Estado deve repassar uma contraprestação mensal da ordem de R\$ 658 mil à concessionária (a preços de dezembro de 2005).

Já o reajuste anual é feito com base na variação do IPCA e no atingimento de metas de qualidade pela operadora do trecho rodoviário. Dessa forma, o valor atual da tarifa é de R\$ 2,10 para motos e varia de R\$ 4,10 a R\$ 24,60 para veículos de até 6 eixos. Para veículos especiais, acima de 6 eixos, o valor é de R\$ 24,60 acrescidos de R\$ 4,10 por eixo excedente.

Com 371,4 quilômetros de extensão e seis praças ao longo da rodovia, a tarifa atual por quilômetro e eixo tarifário equivale a R\$ 0,0662. Assim, um automóvel paga R\$ 24,60 para percorrer todo o trecho enquanto um caminhão de nove eixos paga R\$ 221,40.

#### **4.5. O modelo de simulação**

Como ressaltado por Paiva (2003), os modelos de transporte têm como base uma representação discreta do espaço contínuo, em que a área a ser modelada é dividida em zonas de tráfego e o sistema de transporte é representado através de uma rede de nós e ligações (trechos de via que conectam pontos do sistema viário, representados pelos nós).

Neste procedimento clássico, as zonas de tráfego são definidas a priori e passam a ser representadas por um único ponto chamado centroide. Os centroides funcionam como polos

de produção e atração de viagens das respectivas zonas, que se utilizam da rede, representativa da infraestrutura disponível, para realizarem seus deslocamentos.

Para o zoneamento do modelo de simulação, considerou-se como área de influência ampliada da MG-050 todo o território nacional. Este foi dividido em 55 zonas de tráfego (ZTs), mostradas na Figura 35, definidas segundo os procedimentos usuais de zoneamento do tráfego em estudos dessa natureza. A unidade espacial adotada como referencial para a delimitação inicial das ZTs foi a microrregião geográfica do IBGE. Nas áreas lindeiras à rodovia MG-050, para uma adequada apreensão das características dos fluxos, o zoneamento foi definido de forma mais detalhada, muitas vezes desdobrando uma microrregião geográfica em mais de uma ZT ou mesmo atribuindo a categoria de ZT aos municípios situados à margem da Rodovia MG-050 ou por ela atravessados. O centroide da zona de tráfego foi atribuído ao município mais populoso de cada zona.

Fonte: Próprio autor

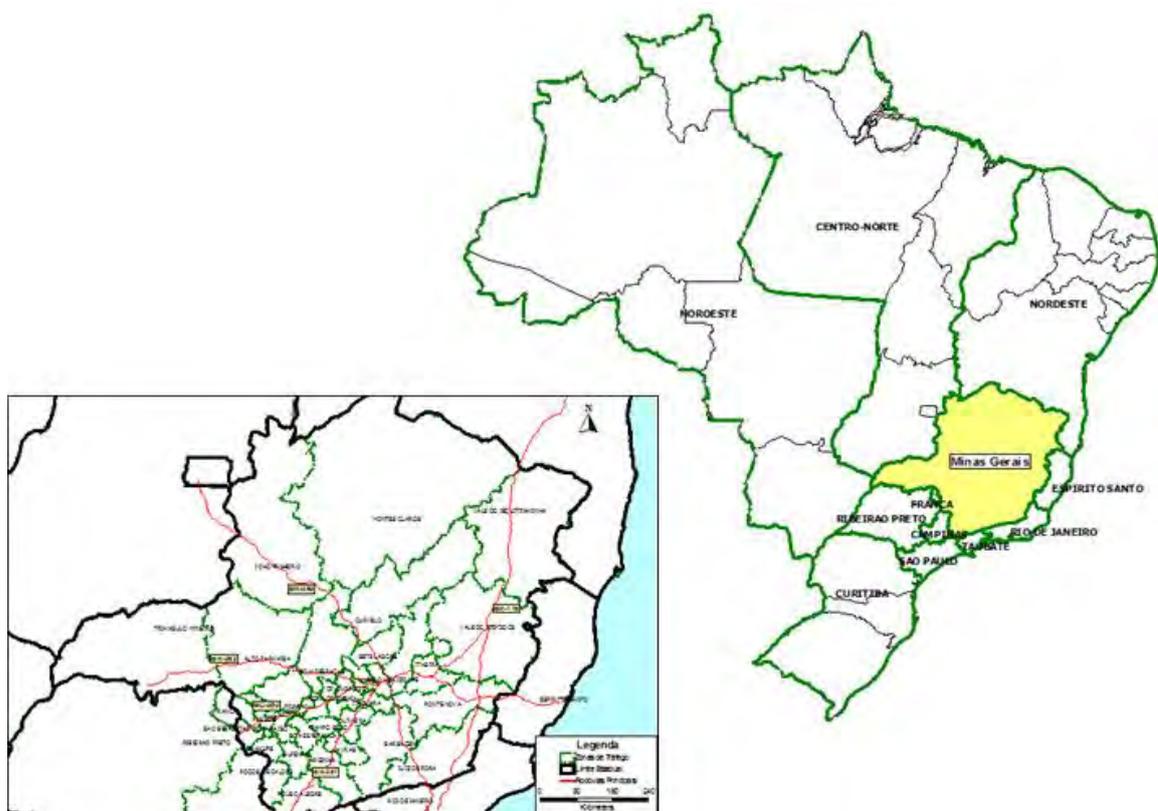


Figura 35 – Zoneamento utilizado no modelo de simulação

Ainda no processo de utilização de modelos digitais de transportes, o conjunto de segmentos da rede viária em estudo é representado através de uma rede de ligações (*links*) que conectam os diferentes centroides. Os *links* são agrupamentos de trechos homogêneos, classificados a partir das características físicas e operacionais reais, e possuem seus respectivos custos generalizados, uma impedância representativa da combinação ponderada de atributos como tempo e distância percorrida.

A caracterização dos diferentes *links* da rede é realizada através de cadastros de campo rotineiros e consultas periódicas ao Plano Nacional de Viação (PNV), que permite verificar informações de relevo, velocidade, sinuosidade, capacidade, condições do pavimento, tipo de pista e pavimento. Todas as informações são consolidadas, georreferenciadas e atribuídas *link* a *link* na rede montada no software TransCAD.

Para uma melhor compreensão, alguns atributos de rede digitais de transporte de caráter universal, que devem ser preenchidos para cada tramo (*link*), sem distinção, são: identificação; direção; extensão; modo (rodovia, ferrovia, etc.); tipo de via (simples ou dupla para rodovias ou tamanho da bitola para ferrovias); condição de operação (degradação); relevo (declividade e sinuosidade); entre outros. Esses atributos variáveis são combinados para a definição de uma medida única de impedância (fator restritivo) para o deslocamento, o custo generalizado.

Dessa maneira, as diferentes impedâncias de cada caminho possível irão determinar as diferentes escolhas de rotas pelos veículos, uma vez que as matrizes origem-destino descrevem apenas a distribuição das viagens entre as zonas geradoras/atratoras de tráfego em uma área de estudo (linhas de desejo).

Sob uma ótica comportamental, a alocação de tráfego (matrizes OD de viagens) na rede de simulação é o resultado agregado da escolha de rotas por parte dos usuários, que buscam minimizar seu custo generalizado percebido ao percorrer o caminho escolhido. Com isso, torna-se possível o entendimento dos padrões dos fluxos nos segmentos que compõem a malha viária em estudo.

Assim, é possível utilizar um modelo digital representativo para avaliar a situação real atual da rede de transportes de uma determinada localidade (cidade, estado, região etc.) ou até

mesmo cenários hipotéticos de modificação da infraestrutura ou do número de viagens (demanda), no intuito de delinear, por exemplo, políticas de investimento em um horizonte de projeto específico.

Para a correta simulação do cenário de implantação do *free-flow*, com o uso do modelo digital, foi imprescindível sua devida calibração, que consiste em um processo computacional iterativo, cuja convergência é alcançada quando a alocação da matriz OD consolidada sobre a rede digital é capaz de representar a realidade aferida em campo, de tal modo que as rotas determinadas para os diferentes pares OD correspondam de fato aos caminhos escolhidos na prática. A Figura 36 mostra a rede de simulação utilizada, com foco na rodovia em estudo, já com a alocação do tráfego obtida após o processo de calibração. Também são mostrados os respectivos locais das praças de pedágio e dos analisadores de tráfego, utilizados para aferição dos volumes de tráfego.

Fonte: Próprio autor



Figura 36 – Alocação do tráfego da MG050 no modelo de simulação utilizado

De posse do modelo de simulação calibrado, partiu-se para a avaliação do comportamento da demanda em um cenário hipotético de implantação do sistema de RPA. Para tanto, considerou-se a instalação de pórtico de cobrança automática para 22 trechos distintos da concessão (ajustados a partir dos THs definidos no edital), conforme mostrados na Tabela 11.

**Tabela 11 – Trechos considerados para cobrança da tarifa no *free-flow***

TH	km inicial	Km final	Extensão (km)	Referência		Tarifa por eixo no TH
				Inicial	Final	
1	57,6	69,4	11,8	BR-262	Fim P. Urb. Mateus Leme	0,78
2	69,4	73,3	3,9	Fim P. Urb. Mateus Leme	Azurita	0,26
3	73,3	86,5	13,2	Azurita	Itaúna (MG-431)	0,87
4	86,5	92,2	5,7	Itaúna (MG-431)	Ac. Itaúna (Av. M. R. Silva)	0,38
5	92,2	126,0	33,8	Ac. Itaúna (Av. M. R. Silva)	Divinópolis (BR-494 Norte)	2,24
6	126,0	130,9	4,9	Divinópolis (BR-494 Norte)	Divinópolis (BR-494 Sul)	0,32
7	130,9	132,0	1,1	Divinópolis (BR-494 Sul)	Fim P. Urb. Divinópolis	0,07
8	132,0	143,7	11,7	Fim P. Urb. Divinópolis	Ac. São Sebastião do Oeste	0,77
9	143,7	198,5	54,8	Ac. São Sebastião do Oeste	Ac. Arcos (BR-354)	3,63
10	198,5	203,0	4,5	Ac. Arcos (BR-354)	Ac. Formiga (Av. A. Machado)	0,30
11	203,0	212,8	9,8	Ac. Formiga (Av. A. Machado)	Ac. Córrego Fundo	0,65
12	212,8	264,5	51,7	Ac. Córrego Fundo	Início P. Urb. Piumhi	3,42
13	264,5	267,0	2,5	Início P. Urb. Piumhi	Fim P. Urb. Piumhi	0,17
14	267,0	284,7	17,7	Fim P. Urb. Piumhi	Ac. Capitólio	1,17
15	284,7	331,0	46,3	Ac. Capitólio	Ac. Alpinópolis (MG-164)	3,07
16	331,0	354,6	23,6	Ac. Alpinópolis (MG-164)	Ac. Passos (Av. J. Stockler)	1,56
17	354,6	359,3	4,7	Ac. Passos (Av. J. Stockler)	Ac. Fortaleza de Minas	0,31
18	359,3	372,1	12,8	Ac. Fortaleza de Minas	Ac. Cássia (MG-3444)	0,85
19	372,1	387,7	15,6	Ac. Cássia (MG-3444)	Ac. Pratápolis (MG-444)	1,03
20	387,7	402,0	14,3	Ac. Pratápolis (MG-444)	Início Contorno S. Sebastião	0,95
21	0,0	4,7	4,7	Início Contorno S. Sebastião	Fim Contorno São Sebastião	0,31
22	637,2	659,5	22,3	Fim Contorno S. Sebastião	Divisa MG/SP	1,48

Fonte: Próprio autor

Para simulação da situação atual, apenas os links com praça de pedágio possuem o valor da tarifa acrescido ao custo generalizado do mesmo. Já no cenário do *free-flow*, todos os links existentes na rede de simulação e que representam a rodovia com pedágio passam a ter um acréscimo referente ao pedágio, entretanto este valor passa a ser proporcional à extensão de cada link.

A Figura 37 mostra, de forma ilustrativa, os custos relativos aos pedágios inseridos na MG-050 para a simulação do cenário de implantação do sistema de RPA, enquanto a Figura 38 exhibe os custos do pedágio na situação atual, com seis praças de pedágio.



#### 4.6. Resultados

A Tabela 12 a seguir mostra o comparativo, em número de eixos e em receita, da situação atual da rodovia e do cenário hipotético de implantação do sistema *free-flow*.

**Tabela 12 – Comparativo do número de eixos passantes em cada trecho da rodovia**

TH	Analisa. de Tráfego	Praça	VDMA Atual			Eixos Totais Atual	Tarifa por eixo nas Praça (R\$)	Variação de Eixos com RPA	Eixos Totais com RPA	Tarifa por eixo nos THs (R\$)
			Sent. SP/MG	Sent. MG/SP	Total					
1	AT 01	-	6.059	6.095	12.154	19.101		-0,78%	18.951	0,78
2	AT 02	-	4.341	4.286	8.627	14.160		-0,84%	14.042	0,26
3		P1	4.476	4.488	8.965	14.714	4,10	-0,84%	14.591	0,87
4	AT 04	-	4.595	4.582	9.177	14.564		-1,53%	14.341	0,38
5	AT 05	-	4.206	4.411	8.617	13.611		-1,29%	13.436	2,24
6	AT 06	-	4.076	4.718	8.793	12.278		0,01%	12.279	0,32
7	AT 07	-	2.865	3.038	5.903	9.329		3,59%	9.664	0,07
8		P2	3.020	3.016	6.036	9.539	4,10	3,59%	9.882	0,77
9	AT 08	-	2.515	2.607	5.123	8.370		3,83%	8.690	3,63
10	AT 09	-	2.882	2.935	5.817	10.527		-7,01%	9.789	0,30
11	AT10	-	1.368	1.350	2.718	4.918		-0,30%	4.904	0,65
12		P3	1.267	1.362	2.629	4.714	4,10	13,26%	5.338	3,42
13	AT11	-	1.987	2.009	3.996	6.870		-0,67%	6.824	0,17
14		P4	1.990	2.005	3.995	6.953	4,10	0,01%	6.954	1,17
15	AT 12		1.535	1.521	3.056	6.716		7,53%	7.221	3,07
16		P5	2.904	2.903	5.807	9.474	4,10	4,93%	9.941	1,56
17	AT 14	-	2.859	2.851	5.710	9.927		0,19%	9.946	0,31
18	AT 15	-	3.600	3.780	7.379	12.386		-4,34%	11.848	0,85
19	AT 17	-	2.171	2.160	4.331	7.684		6,17%	8.159	1,03
20		P6	2.263	2.274	4.537	8.377	4,10	43,64%	12.032	0,95
21	AT 19	-	3.046	2.770	5.816	8.553		0,28%	8.577	0,31
22	AT 20	-	1.694	1.778	3.472	5.028		-0,32%	5.012	1,48
Fonte: Próprio autor						Receita/dia com Praças	R\$ 220.458	Receita/dia com sistema de RPA	R\$ 224.971	

Como mostra a Tabela 12, a instalação do sistema de Rodovia de Pedágio Aberto (RPA) aumenta o tráfego da MG-050 principalmente nos trechos que atualmente possuem praças de pedágio, com exceção da praça P1 (Azurita).

O Trecho Homogêneo com o aumento mais expressivo do número de eixos passantes é o TH20, de 14,3 quilômetros, entre o entroncamento com a MG-444 (acesso para Pratápolis) e o entroncamento com o contorno de São Sebastião do Paraíso. Usuários que percorrem este

trecho (no qual se situa a praça P6) pagam R\$ 4,10 por eixo tarifário atualmente, enquanto, no cenário com *free-flow*, pagariam menos de 25% deste valor, ou seja, R\$ 0,95.

Já o trecho com a maior queda no número de eixos viandantes é o TH10, de 4,5 km, entre o entroncamento com a BR-354 (acesso para Arcos) e a entrada principal para Formiga (Avenida Abílio Machado). Os veículos que utilizam apenas esse trecho de rodovia concedida atualmente não pagam pedágio, apesar de usufruírem dos serviços oferecidos pela concessionária. No cenário com o sistema de RPA, estes usuários pagariam uma tarifa de R\$ 0,30 para percorrer o trecho.

Outra constatação interessante é que o segmento da rodovia mais carregado atualmente, entre o entroncamento com a BR-262 (início do trecho concedido, mais próximo à Belo Horizonte) e Divinópolis (entroncamento norte da MG-050 com a BR-494), poderia perder aproximadamente 1% do seu volume de eixos. Usuários que percorrem apenas este segmento entre os THs 1 e 5, como o par origem-destino Belo Horizonte Divinópolis, por exemplo, pagam atualmente R\$ 4,10 na praça de Azurita, e passariam a pagar R\$ 4,53 no cenário com o *free-flow*. Com isso, eles passariam a fazer maior uso de rotas alternativas como a BR-262, recentemente duplicada no trecho entre Betim e Nova Serrana e sem cobrança de pedágio atualmente, embora prevista.

Para melhor ilustrar esse troca de rotas, a Figura 39 a seguir mostra o mapa da diferença de carregamento do tráfego entre o cenário atual com praças de pedágio e o cenário com o *free-flow*. As vias em verde são aquelas em que houve um aumento do tráfego com o *free-flow*, enquanto aquelas em vermelho são as que perderam veículos. A espessura das vias mostra, proporcionalmente, a quantidade de veículos atraídos/perdidos, conforme escala apresentada.

Fonte: Próprio autor

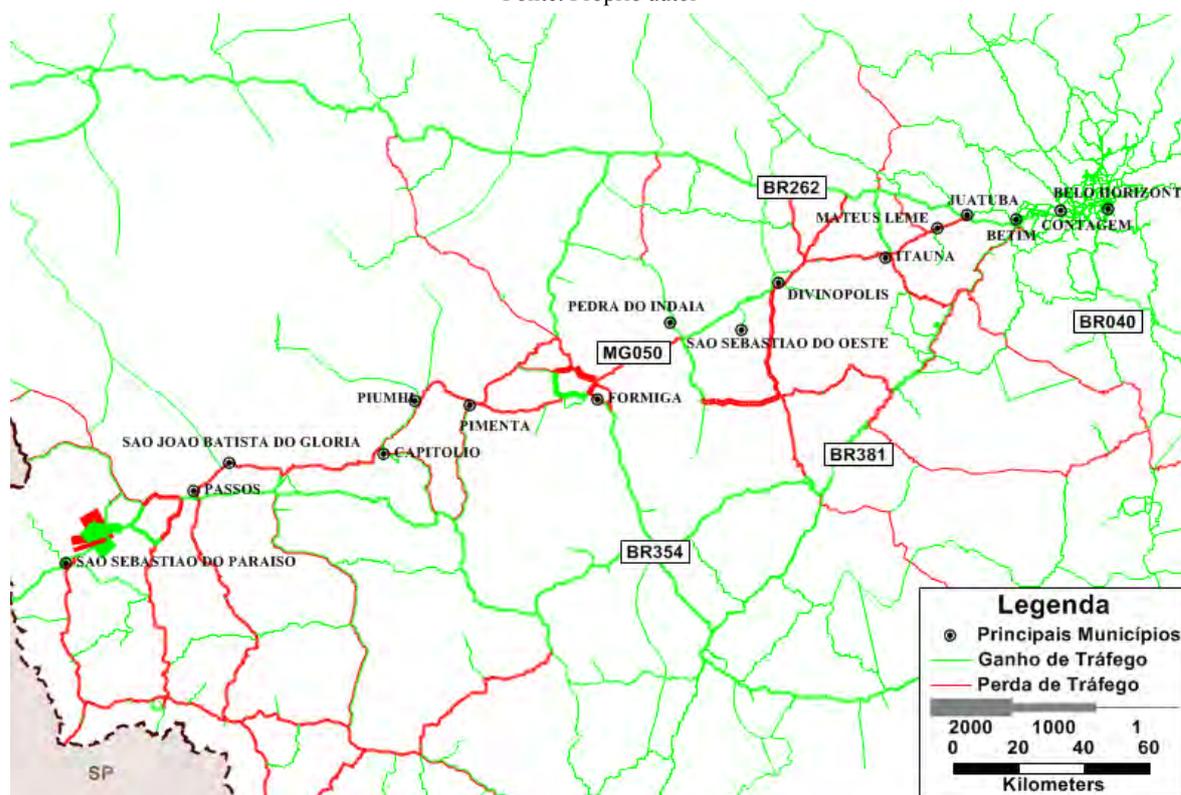


Figura 39 – Mapa da diferença de tráfego entre o cenário atual com praças e o free-flow

Voltando aos resultados apresentados na Tabela 12, comparando a receita diária na situação atual e no cenário com o *free-flow*, tem-se um aumento potencial de 2,13% no número de eixos total passantes na rodovia e de 2,05% na receita da concessão.

Assim, a implantação do *free-flow* na rodovia MG-050 cumpriria seu papel de promotor de uma maior equidade tarifária. Ou seja, usuários iguais passariam a pagar um valor proporcional à quantidade de serviço consumido, tornando o sistema mais justo e favorecendo sua aceitação pela sociedade.

Apesar de não trazer um acréscimo de receita expressivo para a concessionária, o que poderia permitir uma redução na tarifa quilométrica praticada ou na contraprestação paga pelo poder público, tem-se um aumento na arrecadação anual de aproximadamente R\$1.650.000, valor capaz de cobrir parte do investimento necessário para a instalação dos pórticos de cobrança automática e distribuição de *tags* gratuitos para os usuários.

A Tabela 13 mostra a distância percorrida por cada usuário considerando que o mesmo só entre ou saia da rodovia em locais de início ou fim do Trecho Homogêneo (TH), ou seja, o veículo sempre percorre pelo menos um TH. A linha corresponde ao trecho de início da viagem (origem), enquanto a coluna representa o trecho de destino, formando uma matriz com 484 possibilidades de viagens dentro da rodovia.

**Tabela 13 – Distância percorrida por cada usuário da rodovia por TH**

km	TRECHO FINAL (DESTINO)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
T R E C H O  I N I C I A L  ( O R I G E M )	1	11,8	15,7	28,9	34,6	68,4	73,3	74,4	86,1	140,9	145,4	155,2	206,9	209,4	227,1	273,4	297,0	301,7	314,5	330,1	344,4	349,1	371,4
	2	15,7	3,9	17,1	22,8	56,6	61,5	62,6	74,3	129,1	133,6	143,4	195,1	197,6	215,3	261,6	285,2	289,9	302,7	318,3	332,6	337,3	359,6
	3	28,9	17,1	13,2	18,9	52,7	57,6	58,7	70,4	125,2	129,7	139,5	191,2	193,7	211,4	257,7	281,3	286,0	298,8	314,4	328,7	333,4	355,7
	4	34,6	22,8	18,9	5,7	39,5	44,4	45,5	57,2	112,0	116,5	126,3	178,0	180,5	198,2	244,5	268,1	272,8	285,6	301,2	315,5	320,2	342,5
	5	68,4	56,6	52,7	39,5	33,8	38,7	39,8	51,5	106,3	110,8	120,6	172,3	174,8	192,5	238,8	262,4	267,1	279,9	295,5	309,8	314,5	336,8
	6	73,3	61,5	57,6	44,4	38,7	4,9	6,0	17,7	72,5	77,0	86,8	138,5	141,0	158,7	205,0	228,6	233,3	246,1	261,7	276,0	280,7	303,0
	7	74,4	62,6	58,7	45,5	39,8	6,0	1,1	12,8	67,6	72,1	81,9	133,6	136,1	153,8	200,1	223,7	228,4	241,2	256,8	271,1	275,8	298,1
	8	86,1	74,3	70,4	57,2	51,5	17,7	12,8	11,7	66,5	71,0	80,8	132,5	135,0	152,7	199,0	222,6	227,3	240,1	255,7	270,0	274,7	297,0
	9	140,9	129,1	125,2	112,0	106,3	72,5	67,6	66,5	54,8	59,3	69,1	120,8	123,3	141,0	187,3	210,9	215,6	228,4	244,0	258,3	263,0	285,3
	10	145,4	133,6	129,7	116,5	110,8	77,0	72,1	71,0	59,3	4,5	14,3	66,0	68,5	86,2	132,5	156,1	160,8	173,6	189,2	203,5	208,2	230,5
	11	155,2	143,4	139,5	126,3	120,6	86,8	81,9	80,8	69,1	14,3	9,8	61,5	64,0	81,7	128,0	151,6	156,3	169,1	184,7	199,0	203,7	226,0
	12	206,9	195,1	191,2	178,0	172,3	138,5	133,6	132,5	120,8	66,0	61,5	51,7	54,2	71,9	118,2	141,8	146,5	159,3	174,9	189,2	193,9	216,2
	13	209,4	197,6	193,7	180,5	174,8	141,0	136,1	135,0	123,3	68,5	64,0	54,2	2,5	20,2	66,5	90,1	94,8	107,6	123,2	137,5	142,2	164,5
	14	227,1	215,3	211,4	198,2	192,5	158,7	153,8	152,7	141,0	86,2	81,7	71,9	20,2	17,7	64,0	87,6	92,3	105,1	120,7	135,0	139,7	162,0
	15	273,4	261,6	257,7	244,5	238,8	205,0	200,1	199,0	187,3	132,5	128,0	118,2	66,5	64,0	46,3	69,9	74,6	87,4	103,0	117,3	122,0	144,3
	16	297,0	285,2	281,3	268,1	262,4	228,6	223,7	222,6	210,9	156,1	151,6	141,8	90,1	87,6	69,9	23,6	28,3	41,1	56,7	71,0	75,7	98,0
	17	301,7	289,9	286,0	272,8	267,1	233,3	228,4	227,3	215,6	160,8	156,3	146,5	94,8	92,3	74,6	28,3	4,7	17,5	33,1	47,4	52,1	74,4
	18	314,5	302,7	298,8	285,6	279,9	246,1	241,2	240,1	228,4	173,6	169,1	159,3	107,6	105,1	87,4	41,1	17,5	12,8	28,4	42,7	47,4	69,7
	19	330,1	318,3	314,4	301,2	295,5	261,7	256,8	255,7	244,0	189,2	184,7	174,9	123,2	120,7	103,0	56,7	33,1	28,4	15,6	29,9	34,6	56,9
	20	344,4	332,6	328,7	315,5	309,8	276,0	271,1	270,0	258,3	203,5	199,0	189,2	137,5	135,0	117,3	71,0	47,4	42,7	29,9	14,3	19,0	41,3
	21	349,1	337,3	333,4	320,2	314,5	280,7	275,8	274,7	263,0	208,2	203,7	193,9	142,2	139,7	122,0	75,7	52,1	47,4	34,6	19,0	4,7	27,0
	22	371,4	359,6	355,7	342,5	336,8	303,0	298,1	297,0	285,3	230,5	226,0	216,2	164,5	162,0	144,3	98,0	74,4	69,7	56,9	41,3	27,0	22,3

Fonte: Próprio autor

Tem-se, portanto, que usuários percorrem desde apenas 1,1 km (aqueles que percorrem apenas o TH7) até 371,4 km, ou seja, toda a rodovia concedida (do TH1 ao TH22).

Já a Tabela 14 e a Tabela 15 a seguir mostram, respectivamente, as tarifas pagas pelos usuários atualmente e no cenário de implantação do *free-flow* para percorrerem as distâncias mostradas na Tabela 13. É interessante observar que no cenário atual (Tabela 14), dos 484 pares origem-destino possíveis mapeados, 40 não pagam nada para percorrer distâncias variando de 1 a 69 quilômetros na rodovia. Já no cenário com o sistema de RPA, as tarifas variam proporcionalmente à distância total do par de TH de início e fim da viagem, sempre respeitando a tarifa quilométrica definida para o veículo que percorre todo o sistema, igual a R\$ 0,06624 por km.

Tabela 14 – Tarifa paga em reais atualmente por par de TH (inicial e final)

Tarifa atual	TRECHO FINAL (DESTINO)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
T R E C H O I N I C I A L ( O R I G E M )	1	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	20,50	24,60	24,60	24,60	
	2	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	20,50	24,60	24,60	24,60	
	3	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	20,50	24,60	24,60	24,60	
	4	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	
	5	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	
	6	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	
	7	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	
	8	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	16,40	20,50	20,50	20,50	
	9	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	
	10	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	
	11	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	
	12	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30	12,30	16,40	16,40	16,40	
	13	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	4,10	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30	
	14	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	8,20	12,30	12,30	12,30
	15	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	8,20	8,20	4,10	4,10	0,00	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	
	16	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	8,20	8,20	8,20	
	17	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	
	18	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	
	19	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10	4,10	
	20	24,60	24,60	24,60	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	
	21	24,60	24,60	24,60	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	
	22	24,60	24,60	24,60	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50	16,40	16,40	16,40	16,40	12,30	12,30	8,20	8,20	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0,00	

Fonte: Próprio autor

Tabela 15 – Tarifa paga em reais por par de TH (inicial e final) no free-flow

Tarifa free-flow	TRECHO FINAL (DESTINO)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
T R E C H O I N I C I A L ( O R I G E M )	1	0,78	1,04	1,91	2,29	4,53	4,86	4,93	5,70	9,33	9,63	10,28	13,70	13,87	15,04	18,11	19,67	19,98	20,83	21,86	22,81	23,12	24,60
	2	1,04	0,26	1,13	1,51	3,75	4,07	4,15	4,92	8,55	8,85	9,50	12,92	13,09	14,26	17,33	18,89	19,20	20,05	21,08	22,03	22,34	23,82
	3	1,91	1,13	0,87	1,25	3,49	3,82	3,89	4,66	8,29	8,59	9,24	12,66	12,83	14,00	17,07	18,63	18,94	19,79	20,82	21,77	22,08	23,56
	4	2,29	1,51	1,25	0,38	2,62	2,94	3,01	3,79	7,42	7,72	8,37	11,79	11,96	13,13	16,19	17,76	18,07	18,92	19,95	20,90	21,21	22,69
	5	4,53	3,75	3,49	2,62	2,24	2,56	2,64	3,41	7,04	7,34	7,99	11,41	11,58	12,75	15,82	17,38	17,69	18,54	19,57	20,52	20,83	22,31
	6	4,86	4,07	3,82	2,94	2,56	0,32	0,40	1,17	4,80	5,10	5,75	9,17	9,34	10,51	13,58	15,14	15,45	16,30	17,33	18,28	18,59	20,07
	7	4,93	4,15	3,89	3,01	2,64	0,40	0,07	0,85	4,48	4,78	5,42	8,85	9,01	10,19	13,25	14,82	15,13	15,98	17,01	17,96	18,27	19,74
	8	5,70	4,92	4,66	3,79	3,41	1,17	0,85	0,77	4,40	4,70	5,35	8,78	8,94	10,11	13,18	14,74	15,06	15,90	16,94	17,88	18,19	19,67
	9	9,33	8,55	8,29	7,42	7,04	4,80	4,48	4,40	3,63	3,93	4,58	8,00	8,17	9,34	12,41	13,97	14,28	15,13	16,16	17,11	17,42	18,90
	10	9,63	8,85	8,59	7,72	7,34	5,10	4,78	4,70	3,93	0,30	0,95	4,37	4,54	5,71	8,78	10,34	10,65	11,50	12,53	13,48	13,79	15,27
	11	10,28	9,50	9,24	8,37	7,99	5,75	5,42	5,35	4,58	0,95	0,65	4,07	4,24	5,41	8,48	10,04	10,35	11,20	12,23	13,18	13,49	14,97
	12	13,70	12,92	12,66	11,79	11,41	9,17	8,85	8,78	8,00	4,37	4,07	3,42	3,59	4,76	7,83	9,39	9,70	10,55	11,58	12,53	12,84	14,32
	13	13,87	13,09	12,83	11,96	11,58	9,34	9,01	8,94	8,17	4,54	4,24	3,59	0,17	1,34	4,40	5,97	6,28	7,13	8,16	9,11	9,42	10,90
	14	15,04	14,26	14,00	13,13	12,75	10,51	10,19	10,11	9,34	5,71	5,41	4,76	1,34	1,17	4,24	5,80	6,11	6,96	7,99	8,94	9,25	10,73
	15	18,11	17,33	17,07	16,19	15,82	13,58	13,25	13,18	12,41	8,78	8,48	7,83	4,40	4,24	3,07	4,63	4,94	5,79	6,82	7,77	8,08	9,56
	16	19,67	18,89	18,63	17,76	17,38	15,14	14,82	14,74	13,97	10,34	10,04	9,39	5,97	5,80	4,63	1,56	1,87	2,72	3,76	4,70	5,01	6,49
	17	19,98	19,20	18,94	18,07	17,69	15,45	15,13	15,06	14,28	10,65	10,35	9,70	6,28	6,11	4,94	1,87	0,31	1,16	2,19	3,14	3,45	4,93
	18	20,83	20,05	19,79	18,92	18,54	16,30	15,98	15,90	15,13	11,50	11,20	10,55	7,13	6,96	5,79	2,72	1,16	0,85	1,88	2,83	3,14	4,62
	19	21,86	21,08	20,82	19,95	19,57	17,33	17,01	16,94	16,16	12,53	12,23	11,58	8,16	7,99	6,82	3,76	2,19	1,88	1,03	1,98	2,29	3,77
	20	22,81	22,03	21,77	20,90	20,52	18,28	17,96	17,88	17,11	13,48	13,18	12,53	9,11	8,94	7,77	4,70	3,14	2,83	1,98	0,95	1,26	2,74
	21	23,12	22,34	22,08	21,21	20,83	18,59	18,27	18,19	17,42	13,79	13,49	12,84	9,42	9,25	8,08	5,01	3,45	3,14	2,29	1,26	0,31	1,79
	22	24,60	23,82	23,56	22,69	22,31	20,07	19,74	19,67	18,90	15,27	14,97	14,32	10,90	10,73	9,56	6,49	4,93	4,62	3,77	2,74	1,79	1,48

Fonte: Próprio autor

A Tabela 16 a seguir mostra a tarifa quilométrica, em reais, paga atualmente por par de TH possível na rodovia. Os pares em verde são aqueles em que a tarifa por km atual é menor que R\$ 0,06624, enquanto as em vermelho são maiores. Atualmente, dos 484 pares analisados, 236 pagam tarifas quilométricas maiores (chegando até a R\$ 0,35 por km) enquanto 248 pagam tarifas menores.

Tabela 16 – Tarifa quilométrica paga atualmente por par de TH

Tarifa atual por km	TRECHO FINAL (DESTINO)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
T R E C H O  I N I C I A L  ( O R I G E M)	1	0,000	0,000	0,142	0,118	0,060	0,056	0,055	0,095	0,058	0,056	0,053	0,059	0,059	0,072	0,060	0,069	0,068	0,065	0,062	0,071	0,070	0,066
	2	0,000	0,000	0,240	0,180	0,072	0,067	0,065	0,110	0,064	0,061	0,057	0,063	0,062	0,076	0,063	0,072	0,071	0,068	0,064	0,074	0,073	0,068
	3	0,142	0,240	0,311	0,217	0,078	0,071	0,070	0,116	0,065	0,063	0,059	0,064	0,064	0,078	0,064	0,073	0,072	0,069	0,065	0,075	0,074	0,069
	4	0,118	0,180	0,217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,072	0,037	0,035	0,032	0,046	0,045	0,062	0,050	0,061	0,060	0,057	0,054	0,065	0,064	0,060
	5	0,060	0,072	0,078	0,000	0,000	0,000	0,000	0,080	0,039	0,037	0,034	0,048	0,047	0,064	0,052	0,063	0,061	0,059	0,055	0,066	0,065	0,061
	6	0,056	0,067	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,232	0,057	0,053	0,047	0,059	0,058	0,078	0,060	0,072	0,070	0,067	0,063	0,074	0,073	0,068
	7	0,055	0,065	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,320	0,061	0,057	0,050	0,061	0,060	0,080	0,061	0,073	0,072	0,068	0,064	0,076	0,074	0,069
	8	0,095	0,110	0,116	0,072	0,080	0,232	0,320	0,350	0,062	0,058	0,051	0,062	0,061	0,081	0,062	0,074	0,072	0,068	0,064	0,076	0,075	0,069
	9	0,058	0,064	0,065	0,037	0,039	0,057	0,061	0,062	0,000	0,000	0,000	0,034	0,033	0,058	0,044	0,058	0,057	0,054	0,050	0,063	0,062	0,057
	10	0,056	0,061	0,063	0,035	0,037	0,053	0,057	0,058	0,000	0,000	0,000	0,062	0,060	0,095	0,062	0,079	0,076	0,071	0,065	0,081	0,079	0,071
	11	0,053	0,057	0,059	0,032	0,034	0,047	0,050	0,051	0,000	0,000	0,000	0,067	0,064	0,100	0,064	0,081	0,079	0,073	0,067	0,082	0,081	0,073
	12	0,059	0,063	0,064	0,046	0,048	0,059	0,061	0,062	0,034	0,062	0,067	0,079	0,076	0,114	0,069	0,087	0,084	0,077	0,070	0,087	0,085	0,076
	13	0,059	0,062	0,064	0,045	0,047	0,058	0,060	0,061	0,033	0,060	0,064	0,076	0,000	0,203	0,064	0,091	0,086	0,076	0,067	0,089	0,086	0,075
	14	0,072	0,076	0,078	0,062	0,064	0,078	0,080	0,081	0,058	0,095	0,100	0,114	0,203	0,232	0,064	0,094	0,089	0,078	0,068	0,091	0,088	0,076
	15	0,060	0,063	0,064	0,050	0,052	0,060	0,061	0,062	0,044	0,062	0,064	0,069	0,062	0,064	0,000	0,059	0,055	0,047	0,040	0,070	0,067	0,057
	16	0,069	0,072	0,073	0,061	0,063	0,072	0,073	0,074	0,058	0,079	0,081	0,087	0,091	0,094	0,059	0,174	0,145	0,100	0,072	0,115	0,108	0,084
	17	0,068	0,071	0,072	0,060	0,061	0,070	0,072	0,072	0,057	0,076	0,079	0,084	0,086	0,089	0,055	0,145	0,000	0,000	0,000	0,086	0,079	0,055
	18	0,065	0,068	0,069	0,057	0,059	0,067	0,068	0,068	0,054	0,071	0,073	0,077	0,076	0,078	0,047	0,100	0,000	0,000	0,000	0,096	0,086	0,059
	19	0,062	0,064	0,065	0,054	0,055	0,063	0,064	0,064	0,050	0,065	0,067	0,070	0,067	0,068	0,040	0,072	0,000	0,000	0,000	0,137	0,118	0,072
	20	0,071	0,074	0,075	0,065	0,066	0,074	0,076	0,076	0,063	0,081	0,082	0,087	0,089	0,091	0,070	0,115	0,086	0,096	0,137	0,287	0,216	0,099
	21	0,070	0,073	0,074	0,064	0,065	0,073	0,074	0,075	0,062	0,079	0,081	0,085	0,086	0,088	0,067	0,108	0,079	0,086	0,118	0,216	0,000	0,000
	22	0,066	0,068	0,069	0,060	0,061	0,068	0,069	0,069	0,057	0,071	0,073	0,076	0,075	0,076	0,057	0,084	0,055	0,059	0,072	0,099	0,000	0,000

Fonte: Próprio autor

Constata-se que, na situação atual, com as seis praças de pedágio, existem desde usuários que não pagam nada para usar a rodovia até veículos que pagam R\$ 0,35 por quilômetro, dependendo do trecho de entrada e saída. Para esclarecer ainda mais, a Tabela 17 mostra a diferença percentual na tarifa quilométrica paga atualmente e no *free-flow*, por par de TH.

Tabela 17 – Diferença percentual na tarifa quilométrica atual e no *free-flow* por par de TH

Diferença na tarifa	TRECHO FINAL (DESTINO)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
T R E C H O  I N I C I A L  ( O R I G E M)	1		-114%	-79%	10%	16%	17%	-44%	12%	15%	20%	10%	11%	-9%	9%	-4%	-3%	2%	6%	-8%	-6%	0%	
	2		-262%	-171%	-9%	-1%	1%	-67%	4%	7%	14%	5%	6%	-15%	5%	-9%	-7%	-2%	3%	-12%	-10%	-3%	
	3	-114%	-262%	-369%	-228%	-17%	-7%	-5%	-76%	1%	5%	11%	3%	4%	-17%	4%	-10%	-8%	-4%	2%	-13%	-11%	-4%
	4	-79%	-171%	-228%					-8%	45%	47%	51%	30%	31%	6%	24%	8%	9%	13%	18%	2%	3%	10%
	5	10%	-9%	-17%					-20%	42%	44%	49%	28%	29%	4%	22%	6%	7%	12%	16%	0%	2%	8%
	6	16%	-1%	-7%					-250%	15%	20%	29%	11%	12%	-17%	9%	-8%	-6%	-1%	5%	-12%	-10%	-2%
	7	17%	1%	-5%					-384%	8%	14%	24%	7%	9%	-21%	7%	-11%	-8%	-3%	4%	-14%	-12%	-4%
	8	-44%	-67%	-76%	-8%	-20%	-250%	-384%	-429%	7%	13%	23%	7%	8%	-22%	7%	-11%	-9%	-3%	3%	-15%	-13%	-4%
	9	12%	4%	1%	45%	42%	15%	8%	7%				49%	50%	12%	34%	12%	14%	19%	24%	4%	6%	13%
	10	15%	7%	5%	47%	44%	20%	14%	13%				6%	10%	-44%	7%	-19%	-15%	-7%	2%	-22%	-19%	-7%
	11	20%	14%	11%	51%	49%	29%	24%	23%				-1%	3%	-52%	3%	-22%	-19%	-10%	-1%	-24%	-22%	-10%
	12	10%	5%	3%	30%	28%	11%	7%	7%	49%	6%	-1%	-20%	-14%	-72%	-5%	-31%	-27%	-17%	-6%	-31%	-28%	-15%
	13	11%	6%	4%	31%	29%	12%	9%	8%	50%	10%	3%	-14%		-206%	7%	-37%	-31%	-15%	0%	-35%	-31%	-13%
	14	-9%	-15%	-17%	6%	4%	-17%	-21%	-22%	12%	-44%	-52%	-72%	-206%	-250%	3%	-41%	-34%	-18%	-3%	-38%	-33%	-15%
	15	9%	5%	4%	24%	22%	9%	7%	7%	34%	7%	3%	-5%	7%	3%		11%	17%	29%	40%	-6%	-1%	14%
	16	-4%	-9%	-10%	8%	6%	-8%	-11%	-11%	12%	-19%	-22%	-31%	-37%	-41%	11%	-162%	-119%	-51%	-9%	-74%	-64%	-26%
	17	-3%	-7%	-8%	9%	7%	-6%	-8%	-9%	14%	-15%	-19%	-27%	-31%	-34%	17%	-119%				-31%	-19%	17%
	18	2%	-2%	-4%	13%	12%	-1%	-3%	-3%	19%	-7%	-10%	-17%	-15%	-18%	29%	-51%				-45%	-31%	11%
	19	6%	3%	2%	18%	16%	5%	4%	3%	24%	2%	-1%	-6%	0%	-3%	40%	-9%				-107%	-79%	-9%
	20	-8%	-12%	-13%	2%	0%	-12%	-14%	-15%	4%	-22%	-24%	-31%	-35%	-38%	-6%	-74%	-31%	-45%	-107%	-333%	-226%	-50%
	21	-6%	-10%	-11%	3%	2%	-10%	-12%	-13%	6%	-19%	-22%	-28%	-31%	-33%	-1%	-64%	-19%	-31%	-79%	-226%		
	22	0%	-3%	-4%	10%	8%	-2%	-4%	-4%	13%	-7%	-10%	-15%	-13%	-15%	14%	-26%	17%	11%	-9%	-50%		

Fonte: Próprio autor

Nos 40 pares nos quais a tarifa anterior era zero, a diferença não é mostrada pois é infinita. Para os outros, tem-se reduções de até 429% na tarifa por km para os usuários (aqueles que percorriam apenas o TH8) e aumentos de no máximo 51% (entre os THs 4 e 11), o que mostra o alcance de uma maior equidade tarifária entre os diferentes usuários da rodovia.

## 5. CONCLUSÕES

Ao longo da história, os investimentos em infraestrutura de transportes mostraram-se fundamentais para o desenvolvimento econômico e social. A globalização e o aumento da velocidade de comunicação levaram a operações logísticas com tempos substancialmente menores, exigindo respostas cada vez mais rápidas. Pessoas e produtos deslocam-se cada vez mais, em distâncias maiores e espaços de tempos menores. As últimas décadas foram marcadas por grandes descobertas científicas e invenções tecnológicas que, se bem aproveitadas, podem auxiliar países em desenvolvimento a evoluir significativamente.

Ao desenvolver sistemas mais eficientes para sustentar o fluxo de pessoas, bens e ideias, países como o Brasil podem se tornar mais competitivos em relação a regiões mais desenvolvidas. Isso porque o crescente comércio mundial e a produção pulverizada em diversos países (desenvolvidos ou não) faz com que a eficiência do transporte influencie consideravelmente na competitividade de cada país.

Dessa forma, a deterioração e a obsolescência da infraestrutura de transportes no Brasil poderão representar sérios obstáculos ao desenvolvimento econômico nacional. Com gargalos logísticos cada vez maiores, sustentar um crescimento econômico médio da ordem de 5% ao ano torna-se uma meta ambiciosa que tem se mostrado impraticável.

Ao considerar a magnitude dos investimentos necessários e também as restrições à redistribuição de gastos por parte dos governos (que não possuem mais espaço para elevação dos níveis de tributação, já altos em relação à média mundial), caberá ao Brasil apoiar-se amplamente no financiamento privado para execução de obras essenciais para o país.

As privatizações no Brasil, iniciadas com a indústria siderúrgica, petroquímica e de fertilizante na década de 1990, foram conduzidas de formas diversas, desde aquelas mais completas, como o caso das telecomunicações, até a do gás natural, que se caracteriza por contratos mal planejados (Banco Mundial, 2007). No setor de transportes, por sua vez, principalmente no que tange à concessão de rodovias, o assunto ainda gera debates intensos sobre cobrança de pedágio.

Os usuários em geral, apesar de concordarem com a manutenção das concessões, visto que estas normalmente trazem melhorias significativas às rodovias, gostariam de pagar uma tarifa bem abaixo da praticada na maioria das rodovias do país. Isso se dá uma vez que, perdida a referência de valores dos diferentes programas de concessões, gerou-se a sensação de que se está pagando mais que o justo.

Ainda assim, neste cenário de grande dependência da iniciativa privada para melhoria da infraestrutura de transportes, com o poder público anunciando diferentes planos de investimentos (rodovias, portos e aeroportos), todos com a participação de recursos privados, deve-se pensar cada vez mais em como aprimorar os modelos de concessão e torna-los mais justos, melhorando sua aceitação pela população em geral.

Novas tecnologias pretendem não só aumentar a justiça na tarifação pelo uso de rodovias, cobrando dos usuários apenas a quilometragem efetivamente percorrida por cada veículo. Vão além, possibilitando uma redução dos valores unitários cobrados uma vez que a totalidade de veículos abrangidos nas cobranças tende a aumentar quando comparado aos modelos de cobrança tradicionais.

Com base no avanço da cobrança eletrônica de pedágio pelo mundo e reafirmando o que já foi salientado por Gallagher e Worrall (2005), a questão não é se a cobrança totalmente automatizada irá ocorrer, mas sim o quão rápido ela vai acontecer, como as concessionárias irão abordar seus impactos dentro de suas operações e quais benefícios serão apropriados pelos usuários. Tratando-se de pedágios, mais mudanças e inovações ocorreram nos últimos 20 anos do que nos 2.000 anos anteriores. Assim, a cobrança de pedágio e, mais especificamente, a cobrança eletrônica estão prontas para serem incorporadas às rodovias brasileiras, permitindo que a sociedade e a infraestrutura de transportes nacional sejam similares àquelas apresentadas em países de primeiro mundo.

Neste trabalho, buscou-se caracterizar o ambiente técnico e regulatório que regem a implantação de sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA) em um contexto nacional, no intuito de verificar possíveis benefícios gerados pela adoção do sistema *free-flow* e entraves existentes para sua implantação e funcionamento plenos.

Os sistemas de RPA são uma adequação dos sistemas eletrônicos de identificação automática dos veículos, no qual pórticos instalados ao longo de uma via com pedágio reconhecem os veículos que trafegam pela mesma e efetuam a tarifação de forma totalmente eletrônica. Isso permite que motoristas que viajam por rodovias paguem pedágios eletronicamente enquanto trafegam em velocidade de até aproximadamente 110 km/h. Além de evitar a formação de filas em cabines manuais e até mesmo aumentar a segurança nas rodovias, os sistemas *free-flow* permitem equilibrar o valor pago por cada usuário, cobrando apenas pelo trecho da rodovia que foi efetivamente utilizado. Entretanto, a nova tecnologia apresenta tantos desafios quanto oportunidades, principalmente na compreensão e aceitação dos usuários e na necessidade de ajuste da legislação vigente.

No estudo de caso, realizado para a rodovia MG-050, chegou-se a um aumento potencial de aproximadamente 2% na receita da concessão no cenário de implantação do *free-flow*. Mesmo não sendo expressivo, o acréscimo poderia permitir uma redução na tarifa quilométrica praticada ou na contraprestação paga pelo poder público. Além disso, tem-se um aumento na arrecadação anual de aproximadamente R\$ 1.650.000, que seria capaz de cobrir parte do investimento necessário para a instalação dos pórticos de cobrança automática e distribuição de *tags* gratuitos para os usuários. A implantação da nova tecnologia de cobrança cumpriria, ainda, seu papel de promotora de uma maior equidade tarifária, uma vez que todos os usuários passariam a pagar a mesma tarifa quilométrica de R\$ 0,06624, enquanto hoje (situação atual com seis praças de pedágio) existem desde usuários que não pagam nada para usar a rodovia até veículos que pagam R\$ 0,35 por quilômetro, pois pagam a tarifa de uma praça de pedágio (R\$ 4,10) para percorrer 11,7 km.

É importante ressaltar que, mesmo de posse de análises que mostram possíveis benefícios decorrentes da implantação do sistema de RPA em concessões já estabelecidas como a MG-050, mais estudos são necessários antes se decidir pela adoção de uma nova política de tarifação, uma vez que diversos outros fatores podem influenciar no resultado da modificação.

Para a presente simulação, por exemplo, salvo as rotas alternativas conhecidas e de fácil acesso inseridas no modelo (normalmente de distância maior e com algum tráfego), por onde ocorrem desvios, não foram consideradas possíveis fugas por estradas vicinais ou mesmo de

acesso a propriedades rurais, frequentes ao longo de sua extensão total, o que poderia reduzir o volume do cenário com *free-flow*.

Como recomendação, sugere-se o aprofundamento deste estudo, no intuito de controlar mais variáveis existentes e que podem alterar os resultados do estudo. Também seria interessante a análise de outros corredores rodoviários que permitam entender as influências dos aspectos regionais (relevo, condição da malha viária etc.) no impacto da implantação do *free-flow*.

De qualquer forma, devido à atualidade do tema em questão e à escassez da bibliografia nacional sobre mesmo, espera-se que este material possa ser utilizado como referência básica para futuros trabalhos desenvolvidos na área que envolvam a implantação de sistemas de Rodovias de Pedágio Aberto. Acredita-se, ainda, que a pesquisa possa contribuir para o entendimento desse sistema e para sua aceitação pela comunidade em geral (que ainda não entende perfeitamente seu funcionamento), expondo possíveis benefícios gerados (equidade tarifária) e entraves existentes (inadimplência, confiabilidade das leituras automáticas, legislação de suporte etc.) e descrevendo as experiências internacionais de utilização dessa tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2012) **Histórico**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4978/Historico.html>>. Acesso em: 23/05/2012.
- 2 AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – ARTESP (2012) **Começam os testes do novo sistema de pedágio**. Disponível em: <<http://www2.artesp.sp.gov.br/?p=251>>. Acesso em: 30/05/2012.
- 3 AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – ARTESP (2012) **Programa de Concessões Rodoviárias**. Disponível em: <<http://www.artesp.sp.gov.br/rodovias-programa-de-concessoes-rodoviaras>>. Acesso em: 26/05/2012.
- 4 ANDRADE, L. (2012) **Veículos com ‘Sem Parar’ terão novo aparelho a partir de 2013 em São Paulo**. Publicado em: 12 de março de 2012. Disponível em: <<http://www.noticiasautomotivas.com.br/veiculos-com-sem-parar-terao-novo-aparelho-a-partir-de-2013-em-sao-paulo/>>. Acesso em: 13/03/2012.
- 5 ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO (2004) **Lei nº 8.264, de 28 de dezembro de 2004**. Diário Oficial do Estado do Mato Grosso, Campo Grande, 28 dez. 2004. Disponível em: <<http://rouxinol.mt.gov.br/Aplicativos/Sad-Legislacao/LegislacaoSad.nsf/709f9c981a9d9f468425671300482be0/8754824be0f642eb03256f9e00600cb7?OpenDocument>>. Acesso em: 25/07/2013
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS – ABCR (2011) **Relatório Anual 2010 da ABCR**. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora.
- 7 BARBO, A. R. C. et al. (2010) **A evolução da regulação nas rodovias federais concedidas**. Revista ANTT, v. 2 n. I e II. Brasília, Agência Nacional de Transportes Terrestres, p. 110-123.
- 8 BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES (2001) **Cadernos de Infra-estrutura: as concessões rodoviárias**, v. 17, agosto. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/cadernos/cad-17.pdf>>. Acesso em: 28/05/2012.
- 9 BLANK, F. F. (2008) **Teoria das opções reais em Project Finance e Parceria Público-Privada: uma aplicação em concessões rodoviárias**. Dissertação de mestrado em engenharia industrial. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- 10 BODELY, G. P. (1998) **A fixação de tarifas de pedágio para rodovias federais**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Brasília.

- 11 BROCHADO M. R. (2008) **Contribuição para a Fiscalização da Infra-estrutura Rodoviária Concedida Visando as Necessidades dos Usuários**. Dissertação de Pós-Graduação de Engenharia da UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ.
- 12 CASTRO, N. (2000) **Os desafios da regulação do setor de transporte no Brasil**. In: Revista de Administração Pública – RAP. Rio de Janeiro, v. 34, n. 5, p. 119-141. Disponível em: <[http://www.sinagencias.org.br/conteudo\\_arquivo/130307\\_4CE6F9.pdf](http://www.sinagencias.org.br/conteudo_arquivo/130307_4CE6F9.pdf)>. Acesso em: 12/05/2013
- 13 CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS DO INTERIOR PAULISTA S/A – INTERVIAS (2012) **O que é concessão**. Disponível em: <[http://www.intervias.com.br/?link=por\\_dentro\\_da\\_concessao](http://www.intervias.com.br/?link=por_dentro_da_concessao)>. Acesso em: 22/05/2012.
- 14 CONCESSIONÁRIA ROTA DO ATIÂNTICO S/A (2013) **A Empresa / Histórico**. Disponível em: <<http://www.rotadoatlantico.com.br/historico.php>>. Acesso em: 25/07/2013.
- 15 CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2012) **Pesquisa CNT de Rodovias 2012: Relatório Gerencial**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 408 p. Disponível em: <[http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorios/2012/RelatorioGeral2012\\_BaixaResolucao.pdf](http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorios/2012/RelatorioGeral2012_BaixaResolucao.pdf)>. Acesso em: 08/07/2013.
- 16 CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN (2006) **Resolução Nº 212 de 13 de Novembro de 2006**. Ministério das Cidades. Brasília. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO\\_212.rtf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_212.rtf)>. Acesso em: 08/07/2013.
- 17 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS – DER/MG (2006) **Edital nº 070/06 de Concorrência para Concessão Rodoviária**. Disponível em: <[http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/desenvolvimento\\_em\\_acao/projeto\\_ppp/docs/edita\\_l\\_mg050.pdf](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/desenvolvimento_em_acao/projeto_ppp/docs/edita_l_mg050.pdf)>. Acesso em: 08/07/2013.
- 18 ELETRONIC TRANSACTION CONSULTANTS (2013) **North Texas Tollway Authority**. Disponível em: <<http://www.etcc.com/customers/ntta.shtml>>. Acesso em: 21/03/2013.
- 19 FIRMINO, A. C., WRIGHT C. L. (2001) **Financiamento do Setor de Transportes no Brasil**. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, 133p.
- 20 GALLAGHER, T. O. WORRALL, H. W. (2005) **The Path to Open Road Tolling**. Tollways, Volume 2, Number 3. Washington: International Bridge, Tunnel and Turnpike Association, p. 11-21.
- 21 GUALBERTO, D. R. (2010) **Rumo a um Sistema Automático de Controle de Acesso de Veículos Automotivos**: Reconhecimento de Caracteres em Placas de Veículos. Dissertação de mestrado em Ciência da Computação. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto.

- 22 GUIMARÃES NETO, M. Q. (2008) **O Papel do Verificador Independente como Avaliador da Performance do Concessionário na Primeira Parceria Público Privada (PPP) do País no Setor Rodoviário: O Caso da MG-050**. In: II Congresso CONSAD de Gestão Pública – Paineis 34. Florianópolis.
- 23 LINDENBERGER, M. A. (2007) **NTTA says goodbye to cash at toll booths**. In: The Dallas Morning News. Publicado em 15/10/2007. Disponível em: <<http://www.dallasnews.com/sharedcontent/dws/dn/latestnews/stories/081607dnmettollway.389ef58a.html>>. Acesso em: 26/03/2012.
- 24 INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA (2010) **Rodovias Brasileiras: gargalos, investimentos, concessões e preocupações com o futuro. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro**. Comunicados do IPEA no 52. Brasília. Disponível em: <[www.vias-seguras.com/content/download/1739/9455](http://www.vias-seguras.com/content/download/1739/9455)>. Acesso em: 19/05/2012.
- 25 INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA (2011) **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do pac: mapeamento ipea de obras rodoviárias**. Texto para discussão nº 1592. Brasília. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9764](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=9764)> Acesso em: 18/05/2013.
- 26 JOHNSON, B. N. (2008) **Pedágio: Desvendando a Esfinge**. In: XVII Encontro Preparatório para o Congresso Nacional do CONPED. Salvador.
- 27 JÚNIOR, M. P. (2012) **Rodovias Inteligentes**. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com.br/palavrodovias.htm>>. Acesso em: 13/06/2012.
- 28 KAPSCH TRAFFICCOM (2013) **Chile: a successful urban road network**. Disponível em: <<http://www.kapsch.net/us/ktc/downloads>>. Acesso em: 22/03/2012.
- 29 KELLY, F. (2006) **Road Pricing: Addressing congestion, pollution and the financing of Britain's road**. In: Ingenia (The Royal Academy of Engineering), volume 39. p. 36-42.
- 30 LUZ, M. M. (2011) **Uso do SINIAV para cobrança eletrônica de pedágio**. In: 7º Congresso Brasileiro de Rodovias & Concessões - 24 a 26 de outubro de 2011. Foz do Iguaçu.
- 31 MACHADO, K. (2005). **Concessões de rodovias: mito e realidade**. 2ª edição. São Paulo: Editora Prêmio.
- 32 MAGALHÃES, M. M. (2007) **Na rota dos caminhos da estrada real e dos tropeiros**. In: Cadernos de Pesquisa do CDHIS, n. 36/37, ano 20. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, p. 111-117.
- 33 MARTINS, J. D. S. D. (2010) **A Natureza Jurídica do Pedágio**. Centro Universitário Jorge Amado. Salvador. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/a-natureza-juridica-do-pedagio/36615/>>. Acesso em: 23/05/2012.

- 34 MILLAN, P. (2011) **Bem-vindos burros e mulas**. In: Gazeta do Povo. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?tl=1&id=1112209&tit=Bem-vindos-burros-e-mulas->>. Acesso em 22/05/2012.
- 35 MITCHELL, B. (1997) **At Last: Opening Bell Tolls for the 407**. In: The Toronto Star, publicado em 6 de junho de 1997. p. A1-A6.
- 36 MUCCI, C. M. P. M. (2011) **Análise comparativa de modelos de concessão de rodovias no Brasil: um enfoque na segurança viária**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- 37 MUMFORD, P. (2000) **The Road from Inequity: Fairer Ways of Paying the True Costs of Road Transport**. Londres: Adam Smith Institute.
- 38 MWAPE, J. M. (2007) **Is Open Road Tolling the Future of Electronic Toll Collection?**. In: Electronic Payment Systems Summit. Boston: Disponível em: <[www.mwape.com/James %20Mwape%20EPS%20Presentation%20Read-Only.pdf](http://www.mwape.com/James%20Mwape%20EPS%20Presentation%20Read-Only.pdf)>. Acesso em: 06/06/2012.
- 39 NABHAN, F. M. (2004) **Principais riscos envolvidos na decisão de investimentos em concessões rodoviárias no Brasil**. Tese de MBA. São Paulo. Disponível em: <[http://www.realestate.pcc.usp.br/arquivos%20PDF/Mono\\_Fernando\\_Nabhan.pdf](http://www.realestate.pcc.usp.br/arquivos%20PDF/Mono_Fernando_Nabhan.pdf)>. Acesso em 09/05/2012.
- 40 NEPOMUCENO, W. P. FLORES, K. M. (2005) **Natureza Jurídica do Pedágio: A Teoria do Preço Tributário**. In: Revista Faculdade de Direito, n. 15. Caxias do Sul: Educus, p. 83-98.
- 41 NETO, C. A. S. C. SOARES, R. P. (2007) **A Eficiência do Estado e as Concessões Rodoviárias no Brasil: Preocupação com o Valor do Pedágio e Sugestões para Operacionalizar a Modicidade das Tarifas**. Texto para Discussão 1286. Brasília, Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5144](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=5144)>. Acesso em 12/05/2012.
- 42 PANITZ, M. A. (2007) **Dicionário de Engenharia Rodoviária e de Logística: português-inglês**. Porto Alegre: Alternativa.
- 43 PESSIN, J. C. S. (2011) **Natureza Jurídica do Pedágio**. Trabalho de Conclusão de Curso. Sorocaba: Instituto Brasileiro de Estudos Tributários.
- 44 PICKFORD, A. T. W. BLYTHE P. T. (2006) **Chapter 3: Technology Options for Charging**. In: Road User Charging and Electronic Toll Collection. Londres: Artech House.
- 45 PINTO, Alice Regina *et al.* (2011) **Manual de Normalização de trabalhos acadêmicos**. Viçosa, 70p. Disponível em <http://www.bbt.ufv.br>. Acesso em 25/06/2013.

- 46 PIRES, J. C. PICCININI, M. S. (1998) **Modelos de Regulação Tarifária do Setor Elétrico: A experiência Internacional e o Caso Brasileiro**. Textos para Discussão 64. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/td/Td-64.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/td/Td-64.pdf)>. Acesso em: 23/05/2012
- 47 PIRES, J. C. PICCININI, M. S. (1999) **A regulação dos setores de infra-estrutura no Brasil**. In: A economia brasileira nos anos 90. Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro/eco90\\_07.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro/eco90_07.pdf)>. Acesso em: 22/05/2012
- 48 PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, 31 dez. 1995. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm)>. Acesso em: 25/07/2013
- 49 PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Diário Oficial da União, Brasília, 14 fev. 1995. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm)>. Acesso em: 25/07/2013
- 50 PUBLIC PRIVATE INFRASTRUCTURE ADVISORY FACILITY – PPIAF (2009) **Toolkit for Public-Private Partnerships in Roads & Highways**. Disponível em: <[http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/toolkit\\_files/index.html](http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/toolkit_files/index.html)>. Acesso em: 27/11/2012.
- 51 RECK, D. C. S. (2008) **A Experiência Gaúcha de Concessão de Rodovias: Histórico e Sustentabilidade**. Monografia de Bacharelado em Ciências Econômicas. Porto Alegre: PUC/RS.
- 52 RECK, D. C. S, REIS C. N. (2012) **O Estado como regulador econômico: notas sobre a concessão de rodovias no Rio Grande do Sul**. In: VI Encontro de Economia Gaúcha. Porto Alegre.
- 53 RIVAS, J. (2011) **Inicio y Evolución del Sistema Free Flow en Chile 2006-2011**. In: 7º Congresso Brasileiro de Rodovias & Concessões - 24 a 26 de outubro de 2011. Foz do Iguaçu.
- 54 ROSA, M. V. F.; SENNA, L. A. S; LINDAU, L. A. (2009) **Concessões de Rodovias – Cenário Brasileiro**. Concurso de Monografia CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos.
- 55 SAVARIS, J. A. (2008) **Pedágio: Conceitos e Trajetória Histórica**. In: Cadernos da Escola de Direito e Relações Internacionais, n. 9. Disponível em: <<http://apps.unibrasil.com.br/revista/index.php/direito/article/viewFile/107/97>> Acesso em: 20/05/2012.
- 56 SCALIONE, S. (2011) **Sistema permite cobrança automática de pedágio**. In: Estado de Minas. Publicado em: 04 de agosto de 2011. Disponível em: <<http://www.em.com.br/app/>>

noticia/tecnologia/2011/08/04/interna\_tecnologia,243328/dirija-sem-parar.shtml>. Acesso em: 22/03/2013.

**57** SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS – SETOP (2013) **Minuta de Edital: Concessão Patrocinada para Exploração do Contorno Metropolitano Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2134-consulta-publica-setop-2013>> Acesso em: 10/07/2013.

**58** SECRETARIA DOS TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO (2007) **Estudo de Viabilidade Econômico-financeira da Operação Privada do Lote 21 - Marechal Rondon Leste**. São Paulo.

**59** SECRETARIA DOS TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO (2008) **Viabilidade Financeira da Operação e Cálculo do Valor da Outorga dos Lotes D. Pedro e Ayrton Senna/Carvalho Pinto**. São Paulo.

**60** SECRETARIA DOS TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO (2010) **Viabilidade Financeira da Operação Privada dos Trechos Sul e Leste do Rodoanel Mário Covas**. São Paulo.

**61** SENNA, L. A. S. MICHEL, F. D. (1998) **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 da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/arquivos/concessao.pdf>>. Acesso em 27/11/2012.

**62** SENNA, L. A. S. MICHEL, F. D. (2006) **Rodovias auto-sustentadas: o desafio do Século XXI**. Editora CLA. São Paulo.

**63** SIEGEL, J. (2004) **The Open Road: The Region's Coming Toll Collection Revolution**. Tri-State Transportation Campaign. New York.

**64** SOARES, R. P. E NETO, C. A. S. C. (2006) **Das Concessões Rodoviárias às Parcerias Público-Privadas: Preocupação com o Valor do Pedágio**. In: XXXIV Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Salvador.

**65** SOARES, M. F. RIBEIRO, P. C. M. (2007) **A Expectativa de Longo Prazo dos Usuários de Rodovias Concedidas: O Caso da BR-040**. In: V Rio de Transportes. Rio de Janeiro.

**66** SOUZA, D. A. (1997) **Avaliação Econômico-Financeira de Modelos de Cálculo de Tarifas para Infra-Estruturas Rodoviárias**. Dissertação. Florianópolis: Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina.

**67** TECTRAN – TECNICOS EM TRANSPORTE (2008). **Modelos de Política Tarifária**. Estudo técnico realizado para a Concessionária NovaDutra. Belo Horizonte.

**68 UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1998) Advanced transportation management technologies.** Federal Highway Administration. Washington.

**69 VALADÃO, M. A. P. (2006) Da noventena constitucional e da majoração de alíquotas do IPI por decreto do Poder Executivo.** In: Fórum de Direito Tributário, v. 22, p. 147-158, Curitiba.

**70 VALOR ECONÔMICO (2012) Veículos terão chip de identificação ainda este ano.** Publicado em: 12 de março de 2012. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/2565122/veiculos-terao-chip-de-identificacao-ainda-este-ano>>. Acesso em: 13/03/2012.

**71 VIAPAR – RODOVIAS INTEGRADAS DO PARANÁ S/A (2012) Mitos e Verdades.** Disponível em: <<http://www.viapar.com.br/sobre-mitos>>. Acesso em 31 de maio de 2012.

**72 WÆRSTED, K. (2005) How to Achieve Public and Political Acceptance for Urban Tolling: Experiences from Seven Norwegian Cities.** Organization Management Workshop & Leadership Summit. April 2-6. Orlando.

**73 WASHINGTON STATE TRANSPORTATION COMMISSION (2006) Toll Technology Considerations, Opportunities, and Risks.** In: Washington State Comprehensive Tolling Study Final Report – Volume 2 – Background Paper #8. Disponível em: <<http://www.wstc.wa.gov/Rates/Tolling/default.htm>>. Acesso em 19/03/2013.