

**FUNDAÇÃO INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISAS EM
CONTABILIDADE, ECONOMIA E FINANÇAS (FUCAPE)**

ANA PAULA RODRIGUES DA COSTA

**TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA OTIMIZAÇÃO DE
CUSTOS DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: comprar
ou vender um ônibus?**

**VITÓRIA
2010**

ANA PAULA RODRIGUES DA COSTA

**TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA OTIMIZAÇÃO DE
CUSTOS DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: comprar ou
vender um ônibus?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, linha de pesquisa Gerencial, da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisa em Contabilidade, Economia e Finanças (Fucape), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis – Nível Profissionalizante.

Orientador: Prof. Dr. Valcemiro Nossa.

**VITÓRIA
2010**

ANA PAULA RODRIGUES DA COSTA

**TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA OTIMIZAÇÃO DE
CUSTOS DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: comprar ou
vender um ônibus?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, linha de pesquisa Gerencial, da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisa em Contabilidade, Economia e Finanças (Fucape), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis – Nível Profissionalizante.

Aprovada em 15 de Setembro de 2010.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Valcemiro Nossa
ORIENTADOR PRESIDENTE

Prof. Dr. Bruno Funchal
FUCAPE

Prof. Dra. Teresa Cristina Janes Carneiro
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

Dedico esse trabalho a:

Carlos Henrique C.Costa
Meu esposo.
Vitória Rodrigues Costa.
Minha Filha

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos recebidas, ao meu esposo Carlos Henrique e minha filha Vitória pelo amor incondicional.

Meus sinceros agradecimentos aos Professores Doutor Valcemiro Nossa e Doutor Bruno Funchal, orientador e co-orientador da dissertação, respectivamente, pelas inúmeras contribuições e incentivos, que tornaram possível hoje, o que para mim ontem era um desejo e um sonho.

Agradeço igualmente ao Professor Doutor Paulo Cesar Coimbra e Professor Doutor Aridélmo José Campanharo Teixeira pela colaboração na pesquisa.

Muito obrigada aos colegas de estudo, aos funcionários da FUCAPE e aos colegas de trabalho que me apoiaram no desenvolvimento da dissertação.

Também, agradeço ao Conselho Federal de Contabilidade (CFC) e ao Conselho Regional de Contabilidade do Espírito Santo (CRC-ES) que, de forma direta, contribuíram para a realização deste trabalho.

E um agradecimento especial aos meus familiares e amigos pela paciência e compreensão.

“Com amor a Deus alimento o espírito.
Com amor aos queridos, ao estudo científico
e ao trabalho alimento a alma.
E com o restante alimento o corpo.”

Ana Paula R. da Costa.

RESUMO

Esta pesquisa objetivou apresentar um modelo que propõem identificar o momento que poderá ser exercida a opção de vender ou comprar um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano, por meio da aplicação da Teoria de Opções Reais (TOR). Tal paradigma visou apurar o valor esperado do ônibus por meio da relação do fluxo de caixa anual gerado pelo veículo, a evolução do custo de manutenção proporcional à idade média da frota e ao custo de capital da empresa e, como limitador, o valor de mercado do veículo. A TOR focou o Modelo Binomial em Tempo Discreto. Discutiu-se na revisão da literatura questões relacionadas ao sistema de transporte público no Brasil e no Espírito Santo, além de análise de custos de manutenção e política de renovação de frota. Metodologicamente, para desenvolvimento do modelo, apoiou-se em dados de uma empresa de ônibus tradicional do Espírito Santo. O modelo proposto foi validado por meio de exemplo numérico que identifica o momento para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Custo de Manutenção. Substituição de Frota. Teoria das Opções Reais. Transporte Público Urbano.

ABSTRACT

This objectified research to present a model that considers to identify the moment that could be exerted the option to buy or sell a vehicle of the fleet of bus of the system of urban transport public, by means of the application of the Theory of Real Options (TOR). This paradigm aimed to determine the expected value of the bus through the relationship of annual cash flow generated by the vehicle, the evolution of maintenance cost proportional to the average fleet age and the cost of capital of the company and as a limiter, the value of vehicle market. The TOR focused on the Binomial Model in Discrete Time. One argued in the revision of literature questions related to the system of public transport in Brazil and the Espírito Santo, beyond analysis of costs of maintenance and politics of fleet renewal. Methodologically, for development of the model, was supported in data of a company of traditional bus of the Espírito Santo. The proposed model was validated by means of numerical example that identifies the moment for the decision taking.

Key words: Cost of Maintenance. Substitution of Fleet. Theory of the Real Options. Public Transport Urbano.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Como a flexibilidade e a incerteza afetam o valor da opção.....	25
Figura 2 –Árvore de Decisão de dois períodos.....	29
Figura 3 -Diagrama de árvore de decisão.....	34
Figura 4 -Evolução fluxo de caixa no tempo com taxa crescimento custo manutenção constante	42
Figura 5 -Valor de mercado ônibus por ano	43
Figura 6 –Evolução fluxo de caixa e valor de mercado com taxa de crescimento custo manutenção constante	43
Figura 7 –Evolução taxa de crescimento manutenção por ano	48
Figura 8 - Evolução fluxo de caixa gerado por taxa crescimento manutenção não constante	50
Figura 9 - Valor descontado do fluxo ano de 2008.....	51
Figura 10 - Valor descontado do fluxo ano de 2007	52
Figura 11 - Valor descontado do fluxo ano de 2006.....	53
Figura 12- Valor descontado do fluxo ano de 2005.....	53
Figura 13- Valor descontado do fluxo ano de 2004.....	54
Figura 14 - Evolução fluxo de caixa no tempo com taxa de crescimento manutenção não constante	54
Figura 15- Valor de mercado ônibus por ano	55
Figura 16 - Evolução fluxo de caixa e valor de mercado com taxa crescimento custo manutenção não constante	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Lucro <i>versus</i> disponibilidade.....	20
Gráfico 2- Momento da venda.....	33
Gráfico 3- Momento da compra	34
Gráfico 4- Valor do fluxo gerado com taxa custo manutenção crescimento constante <i>versus</i> valor mercado.....	43
Gráfico 5- Valor do fluxo gerado com taxa custo manutenção crescimento não constante <i>versus</i> valor de mercado	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO BRASIL.....	15
2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO ESPÍRITO SANTO..	16
2.3 TRANSCOL E A REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA.....	17
2.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	18
2.5 POLÍTICA DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTA.....	20
2.6 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NUM MODELO BINOMIAL EM TEMPO DISCRETO.....	23
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	30
4 MODELO PROPOSTO.....	33
4.1 VARIÁVEIS DO MODELO- TAXA DE CRESCIMENTO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO CONSTANTE.....	37
4.1.1 Fluxo de caixa anual por veículo.....	37
4.1.2 Taxa de crescimento do custo por manutenção.....	38
4.1.3 Custo de capital da empresa.....	39
4.1.4 Valor de mercado.....;	39
4.1.5 Estudo de Caso quando a Taxa de Crescimento do Custo é Constante.....	40

4.2 VARIÁVEIS DO MODELO- TAXA DE CRESCIMENTO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO NÃO CONSTANTE.....	44
4.2.1 Taxa de crescimento do custo por manutenção.....	45
4.2.2 Estudo de Caso quando a Taxa de Crescimento do Custo é não Constante.....	47
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

O sistema de transporte público urbano está inserido em um ambiente de incertezas e mudanças constantes, dessa forma há ocorrência de variáveis que reduzem a eficiência e aumentam os custos do sistema de transporte público urbano por ônibus no Brasil. (FELDENS, 2006).

Feldens (2006) apresenta algumas dessas variáveis, tais como, a flutuação da demanda de passageiros nos centros urbanos, o aumento dos preços dos insumos das empresas de transporte acima da inflação e a aquisição de novas tecnologias que oneram significativamente o sistema de transporte.

As incertezas desse segmento, também, foram analisadas num estudo elaborado por Brasil (2006), onde constatou que muitas dessas incertezas dependem de variáveis externas ao sistema, provocadas pela baixa prioridade ao transporte público nas políticas locais e metropolitanas e a baixa capacidade de investimento e planejamento da mobilidade urbana pelo poder público.

Estudos sobre a questão de gestão de frota foram desenvolvidos por Valente et al (2003), cuja pesquisa teve como objetivo relacionar à gestão de frota com minimização de custos, inclusive os custos de manutenção.

Valente et al (2003) afirmam que quando o veículo é novo os custos de manutenção são baixos, cobrindo basicamente as revisões de rotina e a substituição de componentes, porém depois de certa idade, esses custos vão aumentando.

Já Murty e Naikan (1995) destacam a importância da análise do custo de manutenção em relação a disponibilidade do ativo e o lucro da empresa.

Murty e Naikan (1995), ainda, desenvolveram um modelo que indicam até quando é lucrativo para a empresa incorrer nos custos de manutenção para ter garantia da disponibilidade total e integral do seu ativo.

Assim, ao consultar trabalhos acadêmicos como os estudos de Valente et al (2003) e Murty e Naikan (1995) se contextualizou a questão de pesquisa deste estudo, pois, se os custos de manutenção aumentam de acordo com a evolução da idade média da frota e se a evolução dos custos correspondentes deve ser limitada para não onerar demasiadamente o fluxo de caixa, estabeleceu-se a questão de pesquisa:

Qual o momento em que poderá ser exercida a opção de comprar ou vender um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano otimizando os custos, por meio da análise da evolução do custo de manutenção, utilizando a metodologia da Teoria das Opções Reais (TOR) ?

Assim, ações que visam melhoria do transporte público urbano, tais como, tomadas de decisões que minimizem os custos de manutenção, políticas que reduzam as incertezas técnicas, acompanhamento eficaz das oscilações de preço dos insumos, dentre outras, são medidas a serem adotadas.

Atualmente, o sistema de transporte público urbano da Grande Vitória vem adotando a idade média do sistema de frota de ônibus convencional de 4,2 anos. (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

A Teoria das Opções Reais (TOR) como base metodológica neste estudo, mostrou-se a mais adequada, devido o objeto de estudo, o ônibus, estar envolvido em um contexto de irreversibilidade de investimento, incertezas e flexibilidades em

relação à política de substituição da frota, variação dos preços insumos, insegurança técnicas, fluxo de caixa gerado, prestação de serviço de transporte público urbano, flutuação do valor de mercado, dentre outras variáveis.

A técnica propõe primeiramente o cálculo do valor esperado do ônibus e depois a comparação com o valor de mercado. E numa abordagem de opções se estabelece a análise da opção mais rentável, se mantém, compra ou vende o ônibus.

Importante citar que, a opção de aplicar o uso da TOR na política de substituição de equipamentos foi recomendada por Feldens (2006).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO BRASIL

O serviço público possui diversos conceitos, um desses conceitos é dado por Meirelles (2000) como “[...] todo aquele prestado pela administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou simples conveniência do Estado”.

Desta forma, a Constituição Federal, em seu artigo 175 (BRASIL, 1988), estabelece a incumbência junto à prestação de serviços públicos. Tais serviços poderão ser prestados diretamente pelo poder público ou sob regime de concessão ou permissão.¹

No Brasil, de acordo com Magalhães (2001), o transporte coletivo urbano por ônibus é considerado um serviço público e na maioria das cidades brasileiras, exerce o papel de modalidade preponderante para a satisfação diária das necessidades de locomoção da população.

Por ser um serviço público, o transporte coletivo necessita de um modelo de gestão para definir a atuação do Poder Público na área de transporte, particularmente na relação com os operadores públicos ou privados. Essa gestão determina como se processam as atividades de planejamento, fiscalização,

¹ A Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, em seu art. 2º, incisos II e IV, considera concessão e permissão, de serviço público como: “Concessão: a delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresa que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado;” “Permissão: a delegação, a título precário, mediante licitação, da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco”.

remuneração dos operadores, bem como, a política tarifária, dentre outros (MAGALHÃES, 2001).

Magalhães (2001) acrescenta que em se tratando de transporte público, o modelo adotado na maioria das cidades brasileiras, em relação aos operadores, é a prestação de serviço público sob regime de concessão ou permissão.

Assim, Aragão e Figueiredo (1993) denominam como atores intervenientes, as partes que compõem o sistema de transporte público urbano no Brasil. Estes participantes são o governo, os usuários do sistema, as operadoras do sistema e a comunidade em geral.

2.2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO NO ESTADO ESPÍRITO SANTO

O sistema de transporte público urbano operacionalizado no Estado do Espírito Santo é conceituado na Constituição Estadual, em seu art. 227, como serviço essencial e de obrigação do poder público. (ESPÍRITO SANTO,1998).

O poder público estadual é responsável pelo planejamento, gerenciamento e operação do sistema de transporte público urbano e poderá agir diretamente ou mediante concessão ou permissão por meio de licitação. (ESPÍRITO SANTO, 1998).

Portanto, com respaldo da Constituição Estadual, constituiu-se a Companhia de Transportes Urbanos da Grande Vitória (Ceturb-GV) como órgão representativo do poder público estadual. Sendo atribuições da Ceturb-GV conceder, planejar, contratar e gerenciar o sistema de transporte público de passageiro da região metropolitana da Grande Vitória. (ESPÍRITO SANTO,1998).

A execução dos serviços de transporte público de passageiros, atualmente é executada por empresas permissionárias contratadas pela Ceturb-GV. Esta contratação está regulamentada pela Constituição Estadual, em seu art. n. 210, e a Lei n. 3.693 (art. 6º), de 6 de dezembro de 1984. (ESPÍRITO SANTO,2008).

Os usuários do sistema e a comunidade em geral também compõem o sistema de transporte público urbano, pois além de utilizar o sistema também o avalia, segundo o art. n. 226, da Constituição Estadual, e Lei n. 3.693. (ESPÍRITO SANTO,2008).

Assim, se confirma a atuação dos atores intervenientes citados por Aragão e Figueiredo (1993) ao verificar a interação entre governo, empresas permissionárias, usuários e a comunidade em geral.

Esses atores intervenientes do sistema de transporte público urbano por ônibus interagem entre si de forma simultânea e pela própria natureza das suas missões possuem seus próprios objetivos (ARAGÃO e FIGUEREDO, 1993).

2.3 TRANSCOL E A REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE VITÓRIA

A Região Metropolitana da Grande Vitória refere-se a área territorial onde ocorre a prestação de serviço de transporte urbano e é formada por sete municípios: Vitória (a capital do Estado do Espírito Santo), Vila Velha (por onde se iniciou a colonização portuguesa), Cariacica, Serra, Viana, Guarapari (incorporada à Região Metropolitana em 1999, e o maior em extensão territorial) e Fundão (o município mais recente incorporado em junho de 2001), conforme a Lei Estadual Complementar n. 58, de 21 de fevereiro de 1995. (ESPÍRITO SANTO, 2008).

O sistema de transporte público metropolitano atualmente interliga cinco municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória (Cariacica, Viana, Serra, Vitória e Vila Velha) e este sistema é denominado Transcol. (ESPÍRITO SANTO, 2008).

O Transcol foi institucionalizado em 1984, como um sistema de transportes urbanos da aglomeração urbana da Grande Vitória, com a função de integrar a estrutura tronco-alimentadora por meio de terminais urbanos, estrategicamente localizados e permitir que o usuário se desloque por vários trechos da Grande Vitória pagando uma única tarifa. (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Atualmente, os usuários do transporte público da Região Metropolitana da Grande Vitória não possuem alternativas inter-modais de deslocamento, tais como, trens, metrô ou transporte hidroviário.

2.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

A operacionalização do sistema de transporte público urbano desencadeia a realização de vários custos que necessitam de controle permanente e eficiente. Segundo Freitas e Resende Filho (2006), o gerenciamento de todos os custos deve ser cuidadosamente monitorado.

Os custos relacionados ao sistema de transporte público urbano são combustíveis, lubrificantes, rodagem, depreciação de veículos, remuneração de veículos, remuneração de máquinas, equipamentos, instalação e almoxarifado, peças e acessórios, despesa de pessoal de operação e manutenção, despesas administrativas, benefícios e uniforme, manutenção de bilhetagem eletrônica e

portaria. (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

Freitas e Resende Filho (2006) afirmam que na gestão de custeio o monitoramento dos custos de manutenção por meio de acompanhamento, registro e controle é muito importante.

Ainda sobre gestão de custeio Valente et al (2003, p. 223) destacam que:

[...] quando o veículo é novo os custos de manutenção são baixos, cobrindo basicamente as revisões de rotina e a substituição de componentes, depois de uma certa idade, esses custos vão aumentando mês a mês, de forma crescente, em consequência de desgastes mecânicos, falhas elétricas, problemas na carroceria, etc.

Desta forma, Valente et al (2003) afirmam que a empresa deve possuir uma frota com maior idade possível, em boas condições de uso, com boa produtividade, redução de custos e bom resultado econômico, ao mesmo tempo, ausente de problemas que resultem em reparos e no comprometimento técnico, econômico e de segurança da frota.

Logo, se faz necessário avaliar a variação existente entre variável custo de manutenção e idade média da frota.

De acordo com Marcorin e Lima (2003), o gerenciamento do custo de manutenção reflete a estratégia empresarial, aumenta o lucro, melhora o aproveitamento das máquinas e equipamentos, a confiabilidade e a qualidade dos serviços prestados, dentre outros objetivos, resumidamente, uma boa gestão de custos de manutenção impacta na qualidade, produtividade e disponibilidade de bens e serviços prestado.

Murty e Naikan (1995) analisaram a possibilidade econômica da disponibilidade total de um ativo em relação ao custo de manutenção e o lucro líquido da empresa, propondo o limitador de valor desta disponibilidade, conforme Gráfico 1:

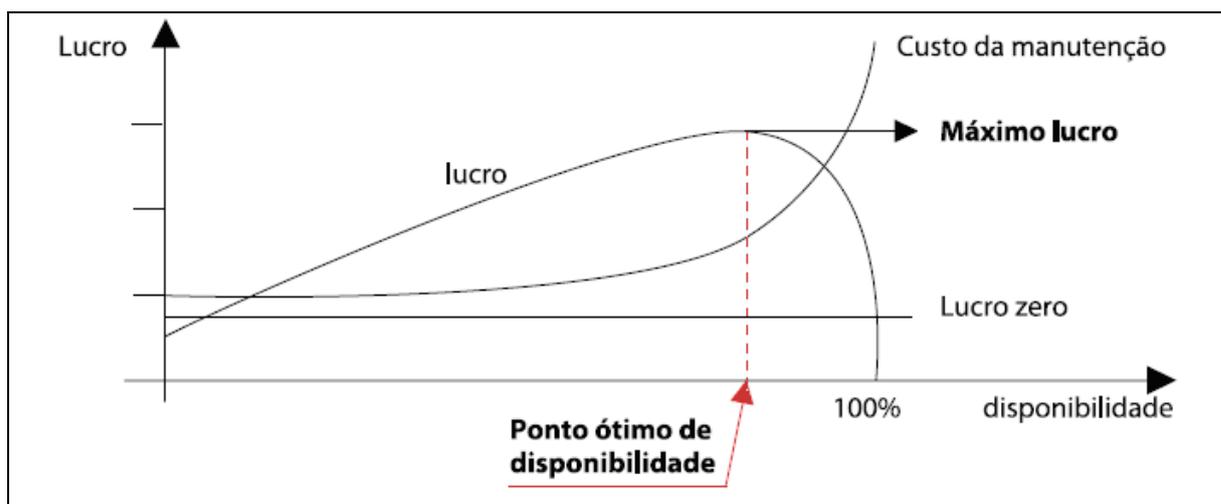


Gráfico 1 - Lucro *versus* disponibilidade
Fonte: Murty e Naikan (1995).

Desta forma, Murty e Naikan (1995) apresentam uma técnica que propõe uma gestão de custos que alcança um ponto ótimo de disponibilidade, para os equipamentos, sem que acarrete perdas econômicas acentuadas.

2.5 POLITICA DE SUBSTITUIÇÃO DE FROTA

Um dos primeiros trabalhos aplicado na área de substituição de frota de veículos foi Smith (1957), onde foi avaliado não somente a política ideal, mas também, as características ideais dos veículos a serem utilizados.

Depois, vieram muitos outros estudos, sempre buscando uma melhoria dos critérios a serem adotados.

Feldens (2006) efetuou um estudo de revisão na área de substituição de frota, onde compara os trabalhos de substituição de frota mais antigos com os mais recentes.

Nessa comparação, Feldens (2006) evidenciou que os trabalhos mais antigos apresentavam modelos estáticos que utilizavam horizontes infinitos, ao passo que os trabalhos mais recentes possuem modelos que utilizam sistemas de apoio à decisão, programação dinâmica ou linear e consideram a incerteza e flexibilidade.

Desta forma, Feldens (2006) afirma que os estudos mais recentes de substituição de frota evidenciam as questões de frotas com tamanho (número de veículos) variável, de limites de orçamento e horizontes finitos.

Contudo, o que não mudou com o passar dos anos, foi à motivação dos estudos sobre a política de substituição de frota que é saber qual o tempo "ideal", para o qual a soma dos custos com o veículo atinge o menor valor. Esse tempo "ideal" corresponde à melhor época, em termos econômicos, para trocá-los, porque o custo total é mínimo, estabelecendo, assim, a necessidade de se conhecer a idade média ideal de substituição da frota (VALENTE et al., 2003).

Em seu estudo, Hartman (2001) definiu que a substituição de ativos é motivada pela deteriorização do ativo corrente ou pela disponibilidade de ativos mais novos e mais eficientes no mercado. Assim, essa decisão é central no planejamento de alocação de capital da empresa em relação ao horizonte do tempo.

Assim sendo, a incerteza do momento ótimo de substituição de ativos passa pela formulação da idade e a utilização cumulativa, daí porque algumas políticas de

substituição de frota que conduzem a uma definição generalizada da vida econômica (HATMAN, 2001).

Desta forma, Hartman (2001) afirma que mesmo com incertezas o estabelecimento do momento ideal de substituição é oportuno para não gerar interrupção de operação ou gastos excessivos com a mão-de-obra.

Em outro estudo Hartman e Keles (2004) afirmam que a maioria das frotas exige certo número de ativos para atender as necessidades de serviços, porém as empresas estão sujeitas a limitações de orçamento de capital e economias de escalas.

Assim, a implantação de uma política de substituição de frota depende sobretudo da análise dos resultados combinatórios do ativo individual e em grupo, considerando economia de escala, restrições da demanda e restrições orçamentárias. (HARTMAN; KELES, 2004).

Hartman e Keles (2004) ainda apontam outros fatores importantes que devem ser considerados numa política de substituição de frota, tais como, existência de múltiplos fornecedores, preço de compra determinado pelo mercado, fatores externos como regulamentações governamentais ou concorrência, políticas ambientais diretas e indiretas e igualdade de acesso para idosos e deficientes.

Desta forma, ao se implantar uma política de substituição de frota restrita a mensuração do desgaste pela depreciação do ativo, poderá resultar na elaboração de uma política com um critério pouco prudente. (HARTMAN; KELES, 2004).

2.6 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NUM MODELO BINOMIAL EM TEMPO DISCRETO

O conceito da TOR elaborado por Dixit e Pindyck (1994) foi desenvolvido numa analogia ao mercado de futuros.

Segundo Dixit e Pindyck (1994), a operacionalização em mercados futuros possui forma de política financeira e restrição da possibilidade de falência, não possuindo conseqüências reais para a tomada de decisões de investimento ou para o valor da empresa no caso de oportunidades de investimento.

Dixit e Pindyck (1994), afirmam ainda que, para uma opção de investimento ter valor, três importantes condições devem ser contempladas: irreversibilidade, incerteza e flexibilidade.

A irreversibilidade, como primeira condição, vem do investimento inicial que deve ser totalmente ou parcialmente irrecuperável caso haja mudança de idéia em relação à decisão de investir. Como segunda condição, são citadas as incertezas sobre os valores futuros do investimento, podendo avaliar as probabilidades dos resultados alternativos que significam maior ou menor lucro.

As flexibilidades vêm como terceira e última condição e indicam o contexto da escolha de decidir agora ou depois, podendo assim, tomar a decisão que traga melhor custo benefício, ou quem sabe, solicitar maiores informações, dentre outras flexibilidades (DIXIT; PINDYCK, 1994).

Posteriormente, Minardi (2004) confirma que as opções reais podem ser avaliadas por analogia a opções financeiras. A metodologia das opções financeiras

está disponível no mercado de capitais e permite analisar investimentos em ativos reais capitalizando o valor da incerteza e da flexibilidade.

Copeland e Antikarov (2001), complementam ao afirmar que uma opção real é o direito, mas não a obrigação de empreender uma ação, como uma ação de diferir, expandir, contrair ou abandonar. Esta opção real se efetua a um custo predeterminado que se denomina preço de exercício, por um período preestabelecido, que se denomina vida da opção.

De acordo com Brasil et al (2007), os tipos de opções que um projeto ou uma empresa podem ter são:

- opção de expandir atividades (*growth option*);
- opção de abandonar o investimento a qualquer momento (*exit option*) em função da possível entrada de novos competidores ou de alteração da expectativa;
- opção de investir para aprender e entrar em determinado setor (*learn option*);
- opção de adiar determinado desembolso de capital (*option to defer*);
- opção de trocar ou flexibilizar o processo de produção (*option to switch*);
- opção de combinar diversas flexibilidades diferenciadas (*multiple interacting options*);
- opção de contrair a utilização da capacidade (*contract option*).

Assim sendo, Copeland e Antikarov (2001) analisam como a flexibilidade e a incerteza afetam o valor da opção, afirmando que quanto maior for a incerteza e a flexibilidade, maior será o valor da opção. Conforme demonstrado na Figura 1:

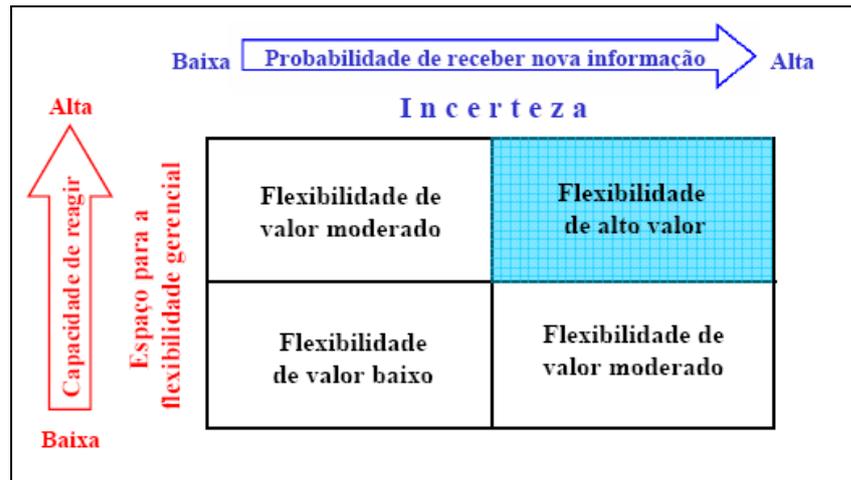


Figura 1 - Como a flexibilidade e a incerteza afetam o valor da opção
 Fonte: Copeland e Antikarov (2001).

Analogicamente às opções financeiras, o valor das opções reais dependem de seis variáveis básicas (COPELAND; ANTIKAROV, 2001):

- valor do ativo subjacente sujeito a risco: a opção de expandir um projeto (opção de compra), aumenta a escala de operações e, portanto o valor do projeto em troca de um investimento adicional (o preço do exercício);
- preço do exercício / custo de investimento: o preço do exercício é o investimento exigido para expandir. O valor da opção de expansão aumenta à medida que o custo de expansão diminui;
- volatilidade do valor de projeto: como a decisão de expandir é voluntária, o projeto somente poderá ser expandido quando o valor da expansão ultrapassar o custo. Quando o valor for menor que o custo e não tiver variabilidade, a opção não valerá nada. Se o valor for volátil, haverá uma chance de que o valor possa subir e ultrapassar o custo, tornando a opção valiosa. Portanto, o valor da flexibilidade varia diretamente com a incerteza dos resultados futuros;

- prazo de vencimento: o valor da flexibilidade aumenta à medida que o prazo de vencimento se alonga, porque há uma maior chance de o valor da expansão aumentar quanto mais tempo se esperar;
- taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção: à medida que a taxa de juros livre de risco aumenta, o valor da opção também se eleva, porque o preço do exercício é pago no futuro;
- dividendos: é o fluxo de caixa produzido pelo projeto. Quando há pagamento de dividendos, diminui-se o valor do projeto e, portanto, o valor da opção sobre o projeto.

Copeland e Antikarov (2001) afirmam que o Valor Presente Líquido (VPL) é a ferramenta mais utilizada para grandes investimentos feitos por corporações e relatam que o VPL é a base para a análise das Opções Reais.

Isso porque, o VPL mensura o ponto consensual em qualquer organização, que é o retorno esperado de um investimento. Afinal, ao realizar um investimento é esperado um retorno superior ou igual ao custo de oportunidade do capital determinado pelo mercado (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Entretanto, Copeland e Antikarov (2001) afirmam que a análise do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tende a subestimar o valor de um projeto, por não conseguir capturar adequadamente os benefícios da flexibilidade gerencial ou da flexibilidade da estratégia.

Copeland e Antikarov (2001) citam a equação do cálculo do VPL para projetos conforme equação 1.1:

(1.1)

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I$$

Onde:

I = investimento inicial

FC_t = valor presente das entradas de caixa descontada

r = taxa igual ao custo de capital da empresa

$t = 1, 2, 3, \dots, n$ (períodos)

De acordo com Martinez (1998) os modelos de avaliação tradicionais baseados em VPL e em FCD baseiam suas análises num cenário de fluxo de caixa esperado e presumem um comportamento passivo por parte da administração, que ignoraria eventuais mudanças estratégicas visando a adaptação de novas realidades de mercado.

A relevância da mensuração das mudanças estratégicas e flexibilidades gerenciais são destacadas no estudo desenvolvido por Trigeorgis (1996).

Em seu estudo, Trigeorgis (1996) afirma que as abordagens do VPL e do FCD são inadequadas para orçamento de capital por ignorar ou não capturar a flexibilidade gerencial.

A questão da flexibilidade gerencial também é citada por Minardi (2004) que afirma que o valor presente líquido pode ser aplicado sem problemas quando a flexibilidade não é significativa.

Caso contrário, Minardi (2004) esclarece que o VPL precisa ser remodelado para capturar o valor dessa flexibilidade, conforme equação 1.2:

(1.2)

$$VPL_{EXPANDIDO} = VPL_{TRADICIONAL} + VALOR_{FLEXIBILIDADEGERENCIAL}$$

Assim sendo, de acordo com Minardi (2004), a tentativa de incorporar a valoração do impacto da flexibilidade resulta em um novo conceito de VPL: o Valor Presente Líquido Expandido (VPL expandido). O VPL expandido refletiria ao VPL calculado pelos padrões anteriores (passivo e estático) associado à valoração da opção de se trabalhar com flexibilidade operacional e estratégica.

Com relação às ferramentas da TOR que demonstram o VPL expandido e a análise de opções podemos citar a árvore de decisão como uma delas.

Na opinião de Copeland e Antikarov (2001), a principal diferença entre a árvore de decisão e o VPL é que, a árvore de decisão permite que decisões sejam feitas após a informação ser recebida e antes de se passar ao passo seguinte.

Copeland e Antikarov (2001) exemplificam que se o resultado ruim aparece no final do primeiro período a pessoa encarregada da decisão pode resolver interromper o processo, de modo que as receitas mais baixas do segundo período nunca possam ocorrer. Neste aspecto, a árvore de decisão é superior a técnica do cálculo do VPL quando aplicada sem contemplar aspectos como irreversibilidade, incerteza e flexibilidade.

Contudo, Copeland e Antikarov (2001) alertam para a necessidade de utilização de uma metodologia denominada cálculo da probabilidade neutra ao

risco.² Isso porque a árvore de decisão não proporciona qualquer recomendação a respeito da taxa de desconto apropriada e ajustada ao risco a ser usada.

Segundo Brandão (2002), a árvore de decisão pode modelar a flexibilidade gerencial em tempo discreto por meio de instantes de decisões futuras, que permitem ao gerente maximizar o valor do projeto condicionado às informações disponíveis naquele instante. Desta forma, a presença da flexibilidade gerencial embutida nos nós de decisões futuras permite que se modele um processo de gerenciamento.

Dixit e Pindyck (1994) usam um exemplo simplificado para demonstrar o conceito de opções reais num modelo binomial em tempo discreto e representa o problema graficamente por meio de uma árvore de decisão de dois períodos, conforme Figura 2:

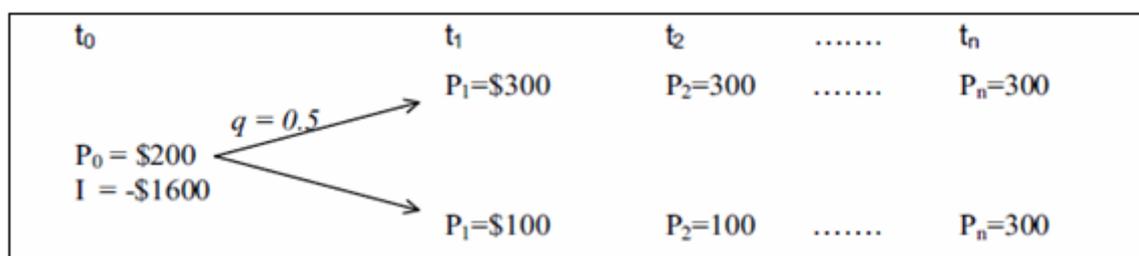


Figura 2 – Árvore de Decisão de dois períodos
Fonte: Dixit e Pindyck (1994)

Assim, a distribuição de probabilidade de eventos e avaliação de oportunidades futuras por meio da análise de opções pode ser modelada por meio de uma árvore binomial discreta. (BRASIL et al., 2007).

² Probabilidade Neutra ao Risco é uma metodologia de cálculo da taxa de remuneração do projeto ou da empresa em relação ao risco inerente às incertezas e flexibilidades, de modo que os investidores fossem indiferentes ao risco. (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

3 METODOLOGIA

3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa aplicou a metodologia empírica e a amostra de dados foi extraída em uma das empresas permissionárias do sistema de transporte público urbano.

A obtenção dos dados da amostra se baseou no objetivo da pesquisa de propor um modelo para identificar o momento onde poderá ser exercida a opção de vender ou comprar um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano.

Assim sendo, vale ressaltar que os resultados apresentados neste estudo poderão resultar em conclusões diferentes quando aplicado em outro contexto de variáveis.

Optou-se pelo estudo do ônibus modelo convencional por ser o mais representativo da frota total do sistema de transporte público urbano. (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

A representatividade que o ônibus convencional possui é consequência das suas características de versatilidade como opção para demandas menores ou maiores, podendo também ser indicado para demandas médias (VALENTE et al., 2003).

Assim, a empresa permissionária citada possui uma frota de 144 ônibus, conforme posição datada em 18 de outubro de 2009, sendo que desse total 126

ônibus são do tipo convencional. Estes ônibus foram adquiridos nos anos de 1999, 2001, 2006 e 2007, direto da fábrica.

A frota desta empresa permissionária representava em 2008, cerca de 9,2% de toda a frota do sistema de transporte público urbano (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

A coleta de dados se deu por meio de levantamentos e relatórios fornecidos pelo setor contábil e de manutenção, estruturando assim a base de dados.

No setor contábil foram adquiridas as informações referentes ao fluxo de caixa. Este fluxo de caixa foi obtido por meio das demonstrações de resultado do ano de 2008.

O custo de capital da empresa foi obtido por meio dos contratos que indicaram a taxa de remuneração do capital próprio e de terceiros.

As variáveis econômicas nesse fluxo de caixa foram isoladas e foram consideradas somente as movimentações com impactos financeiros da demonstração de resultado, ou seja, não foram considerados, por exemplo, os valores de depreciação e valores da reserva de reavaliação de ativos.

No setor de manutenção foram identificados manutenção do tipo preventiva e manutenção do tipo corretiva. Sendo que, os dados de custeio dessas manutenções são apurados por veículo diariamente. Dessa forma, ao se obter os dados no setor de manutenção, estes foram categorizados na seguinte ordem: informação da característica do ônibus convencional (nº. placa e nº. chassis); data de aquisição; custo mensal de manutenção por veículo, dos anos de 2007, 2008 e 2009 (período

preliminar), fluxo de caixa operacional gerado por veículo, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

Importante ressaltar que, os custos de manutenção analisados foram os custos das peças e acessórios, rodagem, lubrificantes e mão-de-obra e representam os itens de custo de manutenção relacionados ao sistema de transporte público urbano.

Atualmente, o sistema de transporte público urbano da Grande Vitória adota a idade média do sistema de frota de ônibus convencional de 4,2 anos em média (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

Essa idade média foi convencionada por meio de sugestão de estudos realizados em outros Estados e é fortemente influenciada por cenários políticos, econômicos e financeiros.

Como base metodológica a TOR mostrou-se a mais adequada por meio do modelo binomial em tempo discreto, uma vez que, a análise de vender ou comprar um ônibus é uma questão de opções reais, possuindo as três condições básicas para a precificação de uma opção: irreversibilidade, incerteza e flexibilidade.

Os primeiros estudos sobre a TOR foram desenvolvidos na década de 70 pelos pesquisadores Black e Scholes (1973) e Cox, Ross e Rubinstein (1979). Mais tarde estes estudos sofreram adaptações por outros pesquisadores como Dixit e Pindyck (1994) e Copeland e Antikarov (2001).

No entanto, como limitação e desafio, a TOR enfrenta dificuldades de aplicação, devido sua complexidade teórica e matemática avançada, limitando uma maior difusão. (BRANDÃO, 2002).

4 MODELO PROPOSTO

A primeira etapa da aplicação do modelo para a tomada de decisão de vender ou comprar um ônibus, foi o cálculo do valor esperado por ônibus que tende a ser decrescente com o passar do tempo, pois o fluxo de caixa do período decresce devido à evolução do custo de manutenção com o passar dos anos.

Como segunda etapa, buscou-se o valor de mercado do ônibus, sendo que o valor de mercado, também tende a decrescer, com a evolução do tempo.

Na terceira etapa, identificou-se o comportamento do valor de mercado e compara com o comportamento do valor esperado por ônibus. Nesse momento a análise pode ser desenvolvida e a tomada de decisão pode ser exercida.

A opção de venda poderá ser exercida no ponto onde o valor de mercado superar o valor esperado do ônibus, como segue no Gráfico 2 que ilustra este momento:

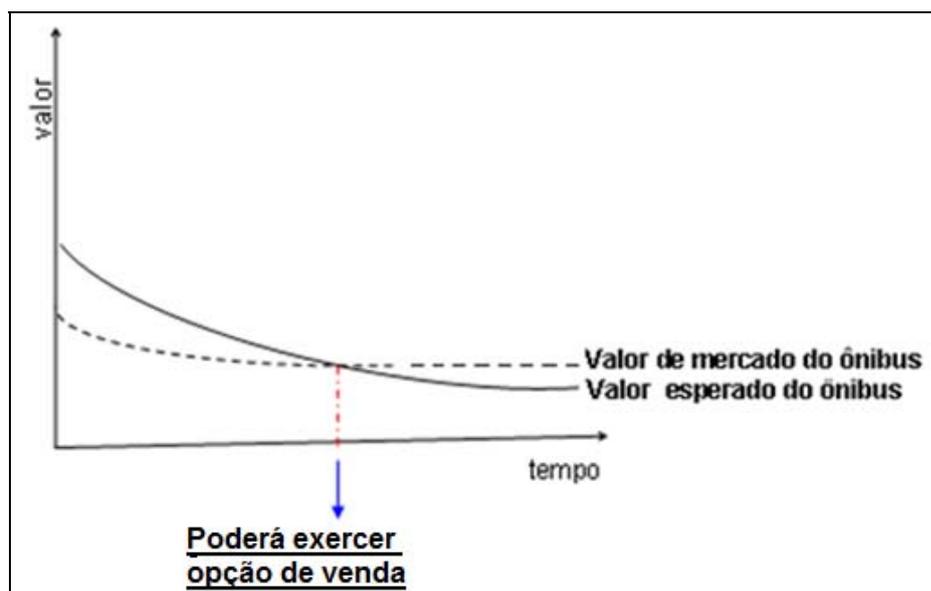


Gráfico 2 – Momento da venda
Fonte: Dados da autora.

Em contrapartida, o momento de exercer a opção de compra será aquele onde o valor esperado superar o valor de mercado como segue no Gráfico 3:

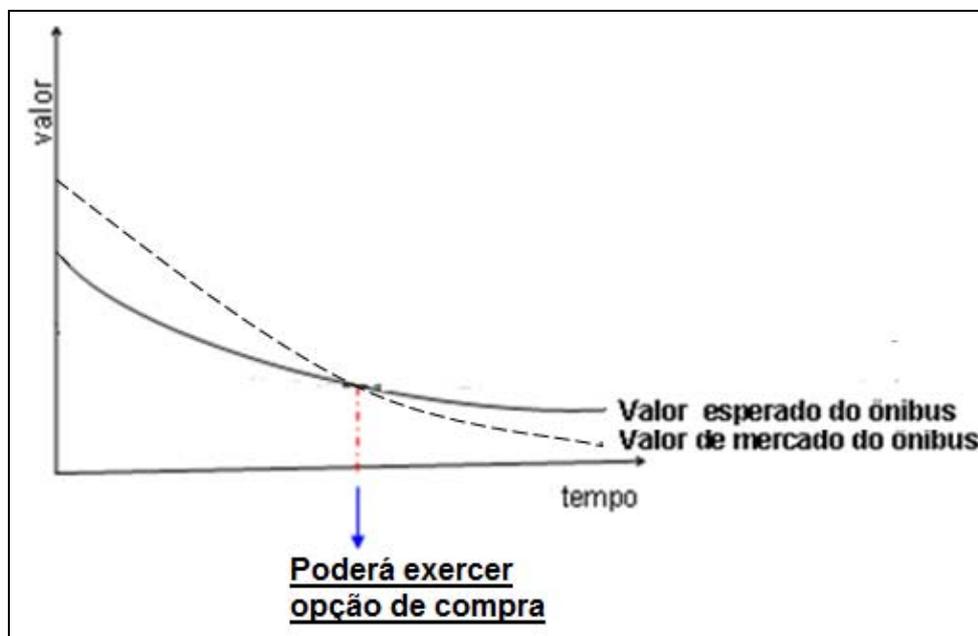


Gráfico 3 – Momento da compra
Fonte: Dados da autora.

Outra ferramenta importante ao se utilizar a TOR é a árvore binomial discreta, conforme Figura 3 que segue como exemplo de uma opção de venda:

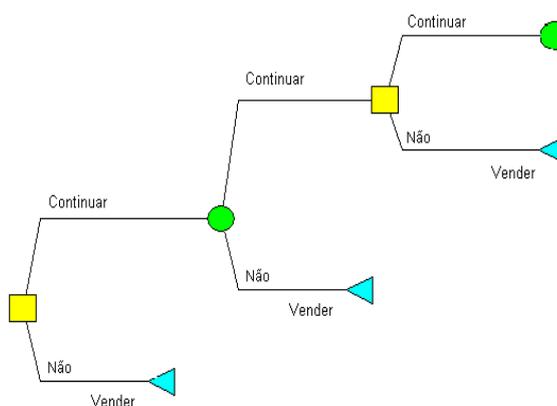


Figura 3 - Diagrama de árvore de decisão
Fonte: Brealey e Myers (1998).
Nota: Adaptado pela autora.

Diante do exposto, o cálculo do modelo proposto foi detalhado a seguir com uma série de fluxos de caixa descontados, conforme equação 1.3:

$$VPL = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \dots$$

Ou seja:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (1.3)$$

Dessa forma, estabeleceu-se uma série futura de fluxos de caixa descontados onde o modelo resumido é uma variação do VPL com série futura de FCD aplicado a uma taxa de crescimento e a um custo de capital:

$$FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(1+k)} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

Formando assim uma Progressão Geométrica (P.G.) pela seqüência numérica dos fluxos de caixas gerados.:

$$1FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(1+k)} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

$$(-) \frac{1+g}{1+k} FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

Ao subtrair a equação torna-se reduzida:

$$(1.4)$$

$$FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)*(1-k)}$$

onde:

FC_t = valor esperado do ônibus

FC_{t+1} = fluxo de caixa anual por ônibus

g = taxa de crescimento do custo de manutenção

k = custo de capital da empresa

Portanto, ao aplicar a equação reduzida foi obtido o valor esperado do ônibus que quando comparado com o valor de mercado avaliou-se as seguintes opções:

Se $FC(t) > FC(t^*)$ = poderá ser exercida opção de compra

Se $FC(t) < FC(t^*)$ = poderá ser exercida opção de venda

Se $FC(t) = FC(t^*)$ = indiferente vender ou comprar

onde:

$FC(t)$ = valor esperado do ônibus

$FC(t^*)$ = valor de mercado do ônibus

Ou seja, quando o valor esperado do ônibus for maior que valor de mercado poderá ser exercida a opção de compra, e ao contrário, quando o valor esperado do ônibus for menor que valor de mercado, a opção de venda poderá ser exercida.

4.1 VARIÁVEIS DO MODELO – TAXA DE CRESCIMENTO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO CONSTANTE

Em relação ao modelo proposto, sua implementação dependeu do cálculo das variáveis explicativas sendo: fluxo de caixa anual por veículo, taxa de crescimento do custo de manutenção, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

Assim para um melhor entendimento sobre as variáveis segue a identificação de cada uma delas:

4.1.1 Fluxo de caixa anual por veículo

Esta variável foi calculada pela divisão do Fluxo de Caixa do exercício pelo número de Veículos da Frota no ano. A escolha desta variável deu-se devido a variação inversamente proporcional que o fluxo de caixa possui com o custo de manutenção, pois, quanto maior o custo de manutenção menor será o fluxo de caixa obtido pela empresa.

Segue a equação 1.5:

(1.5)

$$FC_{t+1} = \frac{FC_{anual}}{n^{\circ}.veículos}$$

onde:

FC_{anual} = valor do fluxo de caixa do exercício

$n^{\circ}.veículos$ = quantidade veículos da frota

4.1.2 Taxa de crescimento do custo de manutenção numa constante

Para o cálculo da taxa de crescimento do custo de manutenção de forma constante foi desenvolvido um modelo de regressão linear onde a taxa de crescimento do custo de manutenção (“g”) foi obtido por meio da análise da relação do custo de manutenção (variável dependente) com a idade da frota (variável independente), conforme equação 1.6:

(1.6)

$$Custo = \beta_0 + \beta_1 .idade$$

onde:

$Custo$ = custo de manutenção

β_0 = interseção de custo

$\beta_1 .idade$ = coeficiente de variação por idade

A taxa de crescimento do custo de manutenção deve ser calculada dividindo o resultado do valor da regressão linear simples pela variável do Fluxo de Caixa Anual por Veículo, conforme equação 1.7, a seguir:

(1.7)

$$g = \frac{(\beta_0 + \beta_1 * 12)}{FC_t}$$

onde:

g = taxa de crescimento custo manutenção constante

$(\beta_0 + \beta_1 * 12)$ = regressão linear simples

FC_t = fluxo de caixa anual por veículo

O objetivo de desenvolver o modelo dessa regressão foi analisar a variação da variável resposta (variável dependente) em relação a variável explicativa (independente). As variáveis estudadas foram o custo de manutenção e a idade da frota operante.

Ao interpretar o resultado da regressão linear simples, verificou-se um aumento do custo de manutenção denominado de B_1 para cada unidade de acréscimo na idade da frota, e um valor constante denominado B_0 que referiu-se a parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota.

Um dado importante é que o “g” ao ser aplicado na equação será negativo, uma vez que representa o decréscimo do fluxo de caixa em relação ao acréscimo da taxa de crescimento do custo de manutenção.

4.1.3 Custo de capital da empresa

Esta variável identifica a taxa que remunera todo o capital do investimento, ou seja, a taxa que remunera tanto o capital de terceiros quanto o capital próprio. Os percentuais do custo de capital da empresa foram dados pelo levantamento da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio da empresa.

$$k = \text{custo de capital da empresa}$$

4.1.4 Valor de mercado

A variável denominada Valor de Mercado resulta da avaliação no mercado de determinado veículo. Este valor dependerá de algumas informações sobre o veículo no momento da avaliação. As principais informações para a valorização do veículo

referem-se à marca, modelo e ano de fabricação do veículo (Fundação Instituto Pesquisa Econômicas-FIPE, 2009).

4.1.5 Estudo de Caso quando a Taxa de Crescimento do Custo é Constante

A validação do modelo dar-se-á por meio de um exemplo numérico do valor esperado de determinado ônibus e da pesquisa de valor de mercado do ônibus com as mesmas características do objeto de estudo.

Em seguida, estabeleceu-se o comparativo do valor de mercado com o valor esperado do ônibus, e em seqüência, identificou-se o momento onde poderia exercer a opção de venda ou a opção de compra.

Ao dividir o fluxo de caixa do ano de 2008 pelo número da frota daquele ano obteve-se o valor do fluxo de caixa esperado por ônibus, conforme cálculo da equação:

$$FC_{t+1} = \frac{FC_{anual}}{n^{\circ}.veículos} = \frac{5.764.689,17}{126} = 45.751,50$$

Em seguida, calculou-se a taxa de crescimento do custo de manutenção com base na relação do custo de manutenção e da idade média da frota, por meio da aplicação da regressão linear simples na base de dados:

$$Custo = \beta_0 + \beta_1 .idade$$

Temos então o resultado da regressão linear simples:

$$Custo = 510,53 + 150,23.idade$$

O resultado da regressão indicou um aumento do custo de manutenção num valor aproximado de R\$ 150,23 para cada unidade de acréscimo na idade da frota, a

um valor constante num valor de R\$ 510,53 (parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota).

Logo, ao dividir o resultado da regressão linear simples com o fluxo de caixa anual obteve-se a taxa de crescimento do custo de manutenção:

$$g = \frac{(\beta_0 + \beta_1 * 12)}{FC_t} = \frac{(510,53 + 150,23 * 12)}{45.751,50} = 0,05$$

Como o modelo também necessita da identificação dos percentuais da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio da empresa objeto do estudo de caso, por meio de pesquisa junto aos contratos de terceiros e dos sócios da empresa, identificou-se o custo de capital da empresa como 15% a.a. Logo:

$$K = 15 \% \text{ a.a.}$$

Diante do exposto, após cálculo das variáveis envolvidas no modelo, aplicou-se a equação, para cálculo do valor esperado por ônibus, por meio do valor descontado do fluxo de caixa, de um veículo adquirido nos anos de 2004 a 2008.

Assim, a variável fluxo de caixa anual por ônibus, taxa de crescimento do custo de manutenção e custo de capital compõe os dados para aplicação do cálculo do valor esperado por ônibus, conforme equação:

$$FC_{04} = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)*(1-k)} = \frac{45.751,50.(1+(-0,05))^5}{(0,15-(-0,05))*(1-0,15)^4} = 339.092,09$$

$$FC_{05} = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)*(1-k)} = \frac{45.751,50.(1+(-0,05))^4}{(0,15-(-0,05))*(1-0,15)^3} = 303.398,19$$

$$FC_{06} = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)*(1-k)} = \frac{45.751,50.(1+(-0,05))^3}{(0,15-(-0,05))*(1-0,15)^2} = 271.461,54$$

$$FC_{07} = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)^*(1-k)} = \frac{45.751,50.(1+(-0,05))^2}{(0,15-(-0,05))^*(1-0,15)^1} = 242.886,64$$

$$FC_{08} = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)^*(1-k)} = \frac{45.751,50.(1+(-0,05))^1}{(0,15-(-0,05))^*(1-0,15)} = 255.670,15$$

Desta forma os valores do fluxo de caixa anual por meio do modelo proposto foram:

Evolução Fluxo de Caixa no Tempo com Taxa Crescimento Custo Manutenção Constante	
Ano	Valor Fluxo Gerado
t0	339.092,09
t1	303.398,19
t2	271.461,54
t3	242.886,64
t4	255.670,15

Figura 4 - Evol. Fluxo Caixa Tax. Cresc. Constante

Elaborado pela Autora

A informação do valor de mercado é obtida a seguir, onde, pesquisou junto a Fundação Instituto Pesquisa Econômicas-FIPE (ano 2009) os seguintes dados:

- Modelo do ônibus: Convencional com Câmbio Manual Adaptado;
- Tipo de Carroceria: Ciferal;
- Marca: Mercedes Benz;
- Chassi: OF 1722;

Após pesquisa os valores de mercado apurados foram os seguintes:

Valor de Mercado Ônibus por Ano	
Ano de Fabr.	Valor Tabela FIPE
2008	225.000,00
2007	210.000,00
2006	174.000,00
2005	140.000,00
2004	120.000,00

Figura 5 - Valor de Mercado Ônibus por Ano

Fonte: Elaborado pela Autora, baseada na Tabela FIPE

Assim, foi comparado o valor esperado do ôniibus por fluxo de caixa com o valor de mercado, conforme a Figura 6:

Evolução Fluxo de Caixa e Valor de Mercado com Taxa Crescimento Custo Manutenção Constante		
Ano	Valor Fluxo Gerado	Valor Tabela FIPE
t0	339.092,09	225.000,00
t1	303.398,19	210.000,00
t2	271.461,54	174.000,00
t3	242.886,64	140.000,00
t4	255.670,15	120.000,00

Figura 6 - Evol.Fluxo Caixa e Valor de Mercado Tax.Cresc.Constante

Elaborado pela Autora



Observa-se que os valores do fluxo de caixa gerado não converge em nenhum ponto com o valor de mercado do veículo, conforme ilustra o Gráfico 4 a seguir:

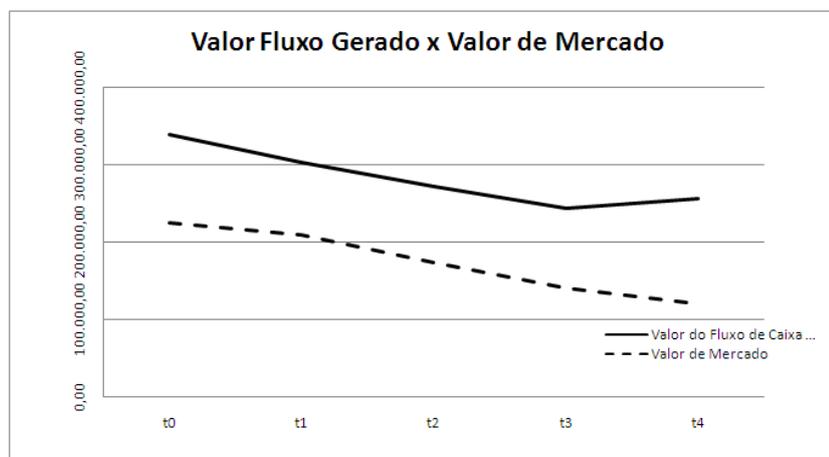


Gráfico 4 – Valor do Fluxo Gerado com Taxa Custo Manutenção Com Crescimento Constante *versus* Valor Mercado
Fonte: Dados da autora.

O valor do fluxo de caixa esperado e valor mercado não se cruzaram indicando que não houve superação de nenhum dos dois valores, logo não há indicação, neste modelo sobre qual opção deve ser exercida, ou seja, nem comprar nem vender.

Este resultado indica que, o mercado não é rentável sozinho e necessita ser mantido com algum tipo de incentivo, sinalizando também, o impacto que acarreta a intervenção do Estado neste segmento.

4.2 VARIÁVEIS DO MODELO – TAXA DE CRESCIMENTO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO NÃO CONSTANTE

Ao elaborar uma alocação de custeio mais apurada apresentou-se um modelo de crescimento do custo de manutenção de forma não constante.

O modelo proposto além de considerar a taxa de crescimento do fluxo de manutenção de forma não constante, também considerou o cálculo das variáveis explicativas fluxo de caixa anual por veículo, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

Como estas variáveis explicativas não se alteram em relação ao modelo da taxa de crescimento constante, apresentamos abaixo os dados relevantes para o cálculo de apuração anual da variação do custo de manutenção que se altera por meio da alteração da idade da frota.

4.2.1 Taxa de crescimento do custo de manutenção

Para o cálculo da taxa de crescimento do custo de manutenção (“g”) deve ser desenvolvido um modelo de regressão linear múltipla.

O resultado obtido por meio dessa regressão foi utilizado na apuração do “g”, obtendo a relação do custo de manutenção (variável dependente) com a idade da frota (variável independente).

Assim sendo, o modelo de regressão linear múltipla desenvolvido é apresentado na equação 1.8:

$$\text{Custo} = \beta_0 + \beta_{99}.\text{idade} + \beta_{01}.\text{idade} + \beta_{06}.\text{idade} + \beta_{07}.\text{idade} \quad (1.8)$$

onde:

Custo = custo de manutenção

β_0 = interseção de custo

$\beta_{99}.\text{idade}$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos -ano de 1999

$\beta_{01}.\text{idade}$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos -ano de 2001

$\beta_{06}.\text{idade}$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos -ano de 2006

$\beta_{07}.\text{idade}$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos -ano de 2007

O objetivo de desenvolver o modelo de regressão linear múltipla foi analisar a variação da variável resposta (variável dependente) em relação a variável explicativa (independente) de acordo com a evolução dos custos de manutenção de forma não

constante em relação a idade do ônibus, considerando assim, a evolução do custo de manutenção em relação ao período de aquisição do veículo.

Ao interpretar o resultado da regressão linear múltipla deve-se verificar um aumento do custo de manutenção para cada unidade de acréscimo na idade da frota e um valor constante denominado B_0 que refere-se a parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota.

O “g” a ser aplicado na equação continua negativo, uma vez que representa o decréscimo do fluxo de caixa em relação ao acréscimo da taxa de crescimento do custo de manutenção.

Deve-se dividir o resultado do valor da regressão linear múltipla pela variável Fluxo de Caixa Anual por Veículo, como segue na equação 1.9 abaixo:

$$g = \frac{\beta_0 + \beta_{99}.idade + \beta_{01}.idade + \beta_{06}.idade + \beta_{07}.idade}{FCt} \quad (1.9)$$

onde:

g = taxa de crescimento custo manutenção constante

$\beta_0 + \beta_{99}.idade + \beta_{01}.idade + \beta_{06}.idade + \beta_{07}.idade$ = regressão linear múltipla

FC_t = fluxo de caixa anual por veículo

A variável FCt é calculada pela divisão do Fluxo de Caixa do exercício pelo número de Veículos da Frota no ano.

4.2.2 Estudo de Caso quando a Taxa de Crescimento do Custo é não Constante

A aplicação do modelo se iniciou com a divisão do fluxo de caixa ano de 2008 pelo número da frota daquele ano, obtendo o valor do fluxo de caixa esperado por ônibus:

$$FC_{t+1} = \frac{FC_{anual}}{n^{\circ}.veículos} = \frac{5.764.689,17}{126} = 45.751,50$$

Aplicou-se a equação de regressão linear múltipla que visa a obtenção dos dados da evolução do custo de manutenção para cada unidade de acréscimo na idade da frota:

$$Custo = \beta_0 + \beta_{99}.idade + \beta_{01}.idade + \beta_{06}.idade + \beta_{07}.idade$$

Tem-se então o resultado da regressão linear múltipla por ano de aquisição dos veículos:

$$Custo = 394,15 + 1.250,51.idade + 1.237,32.idade + 472,01.idade + 177,87.idade$$

O resultado da regressão linear múltipla indicou um aumento do custo de manutenção em relação a cada unidade de acréscimo na idade da frota, a um valor constante cerca de R\$ 394,15 (parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota).

Divide-se a seguir o resultado da regressão pelo valor do fluxo de caixa anual:

$$g = \frac{394,15 + 1.250,51.idade + 1.237,32.idade + 472,01.idade + 177,87.idade}{45.751,50}$$

A composição da frota de ônibus possui veículos fabricados no ano de 1999, 2001, 2006, 2007 e 2008. Assim as taxas de crescimento do custo de manutenção não constante serão as seguintes:

$$g_{99} = \frac{394,15 + 1.250,51.12 + 1.237,32.0 + 472,01.0 + 177,87.0}{45.751,50} = 0,34$$

$$g_{01} = \frac{394,15 + 1.250,51.0 + 1.237,32.12 + 472,01.0 + 177,87.0}{45.751,50} = 0,33$$

$$g_{06} = \frac{394,15 + 1.250,51.0 + 1.237,32.0 + 472,01.12 + 177,87.0}{45.751,50} = 0,13$$

$$g_{07} = \frac{394,15 + 1.250,51.0 + 1.237,32.0 + 472,01.0 + 177,87.12}{45.751,50} = 0,06$$

$$g_{08} = \frac{394,15 + 1.250,51.0 + 1.237,32.0 + 472,01.0 + 177,87.0}{45.751,50} = 0,01$$

Assim, apurou-se a taxa de crescimento do custo de manutenção anual, como segue:

Evolução Taxas de Crescimento	
Custo Manutenção Variação por Ano	
Ano de Fabr.	Tx.Cresc.Custo "g"
1999	0,34
2001	0,33
2006	0,13
2007	0,06
2008	0,01

Figura 7 - Evol.Tax.Cresc.Manutenção por Ano
Elaborado pela Autora

Observa-se que as taxas de crescimento do custo de manutenção confirmam que quanto maior a idade média da frota, maior será o crescimento do custo de manutenção.

Importante ressaltar que, o cálculo do valor presente líquido deve ser efetuado considerando o resultado do “g” como negativo, pois o mesmo impacta no decréscimo do fluxo de caixa à medida que o mesmo evolui com a respectiva evolução da idade média da frota.

Desta forma, aplicou-se a equação 1.10 para obter o valor do fluxo de caixa descontado:

(1.10)

$$FC_t = FC_{t+1}(1 + g)$$

Ao aplicar a equação do valor do fluxo de caixa descontado, calculou-se o valor presente dos fluxos de caixa futuros.

Para que os valores presentes nos fluxos de caixas futuros fossem calculados em uma seqüência anual foi utilizada a interpolação linear de valores nos anos de 2000 e 2002 a 2005, pois, nestes anos não ocorreram aquisição de veículos para frota (ônibus).

Segue Figura 8 com o cálculo do valor presente líquido dos fluxos de caixas futuros:

Evolução Fluxo de Caixa Gerado por Taxa Custo Manutenção não Constante:

Ano	VPL	Cálculo do "g" e "g" interpolado			Valor Fluxo de Caixa Futuro	
		Cálculo "g"	"g" calculado	"g" interpolado		
2008	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.01)	0,99	45.293,99	
2007	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.06)	0,94	43.006,41	
2006	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.13)	0,87	39.803,81	
2005	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.13)		0,87	39.803,81
2004	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.13)		0,87	39.803,81
2003	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.13)		0,87	39.803,81
2002	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.13)		0,87	39.803,81
2001	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.33)	0,67		30.653,51
2000	45.751,50	(1+(-g))	(1-0.33)		0,67	30.653,51
1999	$= \frac{V_0 \cdot (1 + g)}{(K_c - g)}$		$= \frac{45.751,50 \cdot (1 + (-0,34))}{(0,15 - (-0,34))}$		=	61.624,47

Figura 8 – Evolução Fluxo de Caixa Gerado por Taxa Crescimento Manutenção não Constante.
Fonte: Dados da autora.

Os percentuais da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio da empresa objeto do estudo de caso, após apuração foi cerca de 15% a.a.

Logo:

$$K = 15 \% \text{ a.a.}$$

Este percentual da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio correspondeu ao custo de oportunidade que foi descontado do valor do fluxo de caixa ano a ano.

Importante citar que, o último fluxo de caixa descontado foi a perpetuidade do fluxo e o cálculo do valor descontado do fluxo está demonstrado a seguir:

Ano 2008- Valor descontado do fluxo:

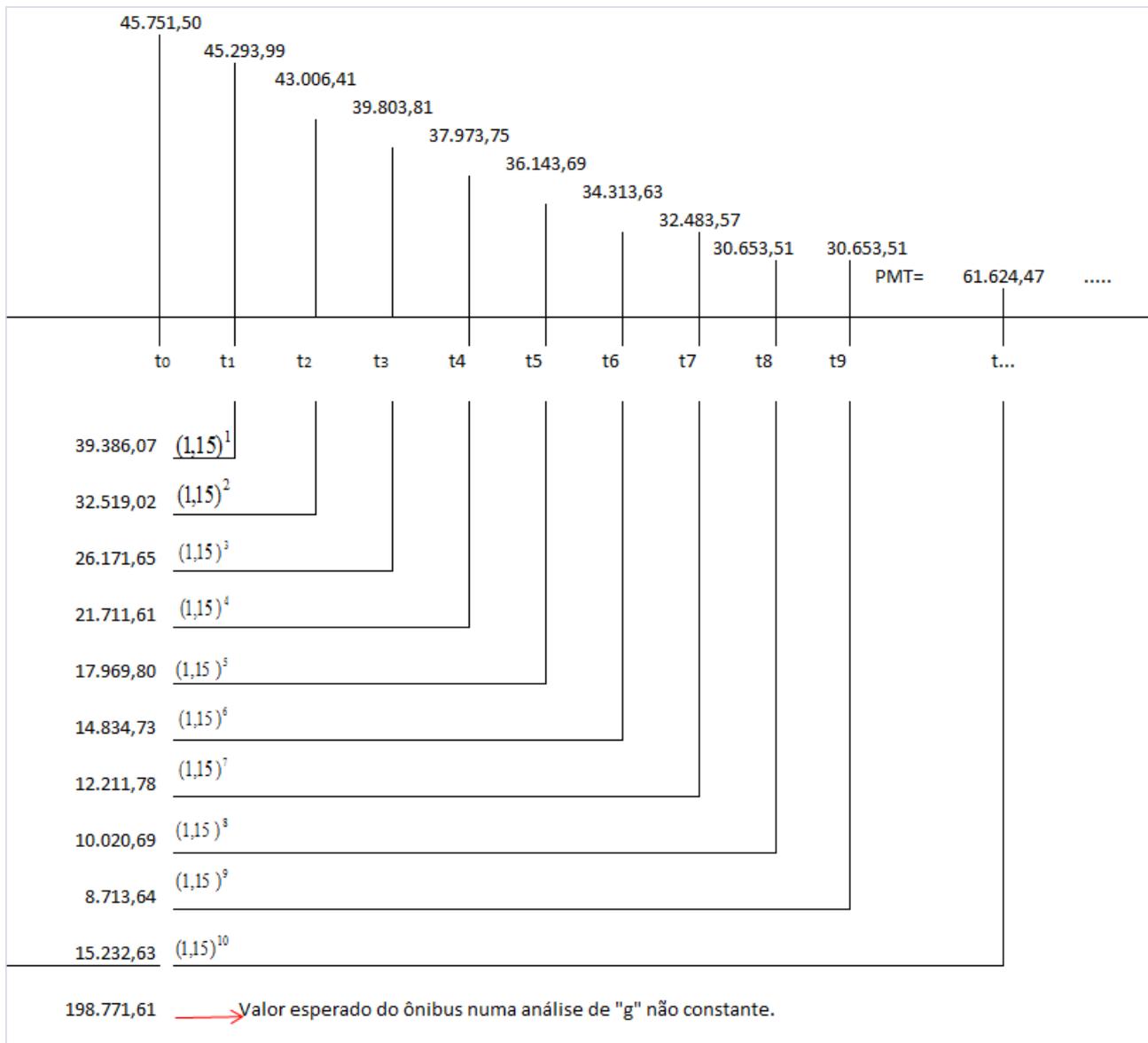


Figura 9 – Valor Descontado do Fluxo Ano de 2008
 Fonte: Dados da autora.

 Ano 2007- Valor descontado do fluxo:

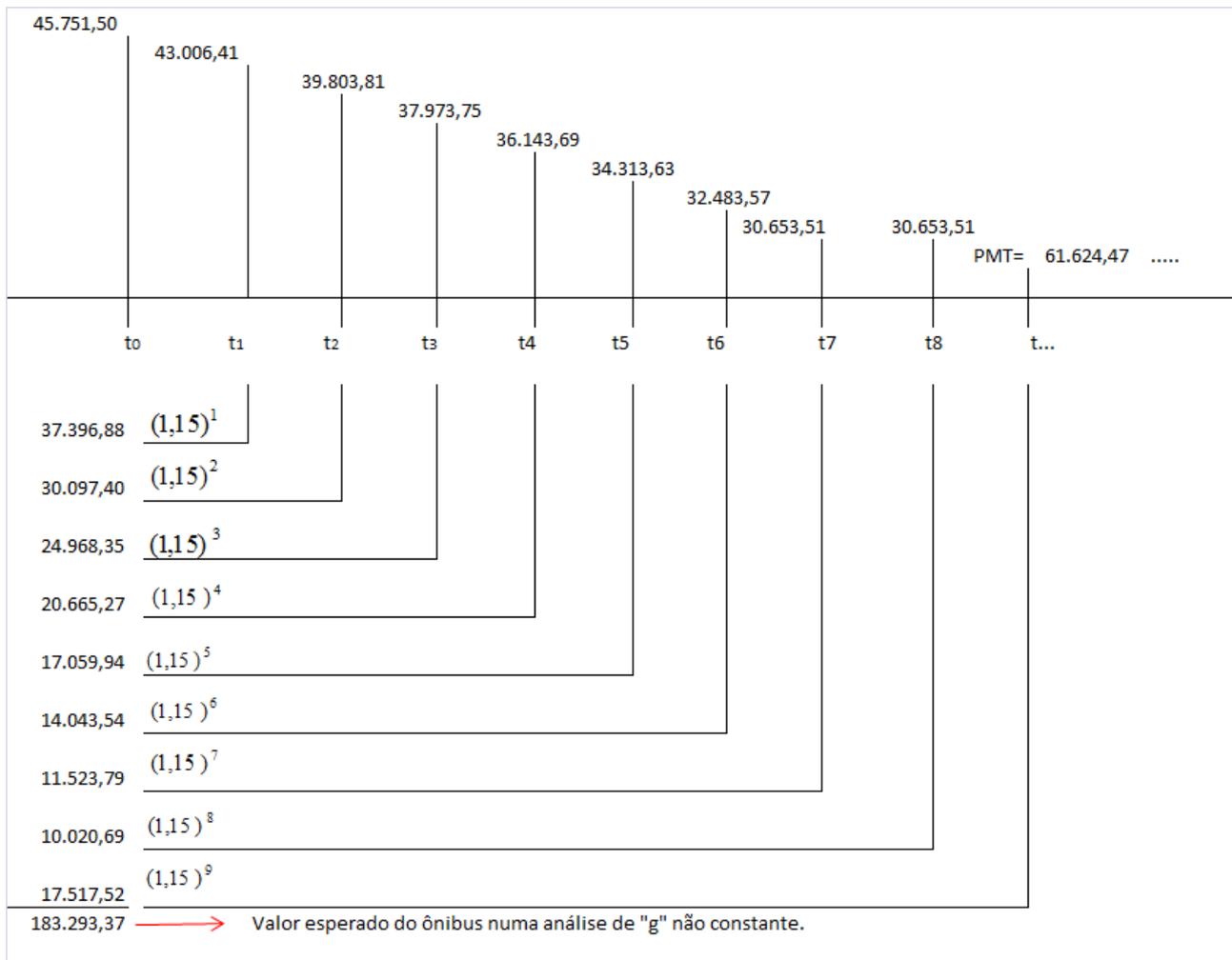


Figura 10 – Valor Descontado do Fluxo Ano de 2007
 Fonte: Dados da autora.

Ano 2006- Valor descontado do fluxo:

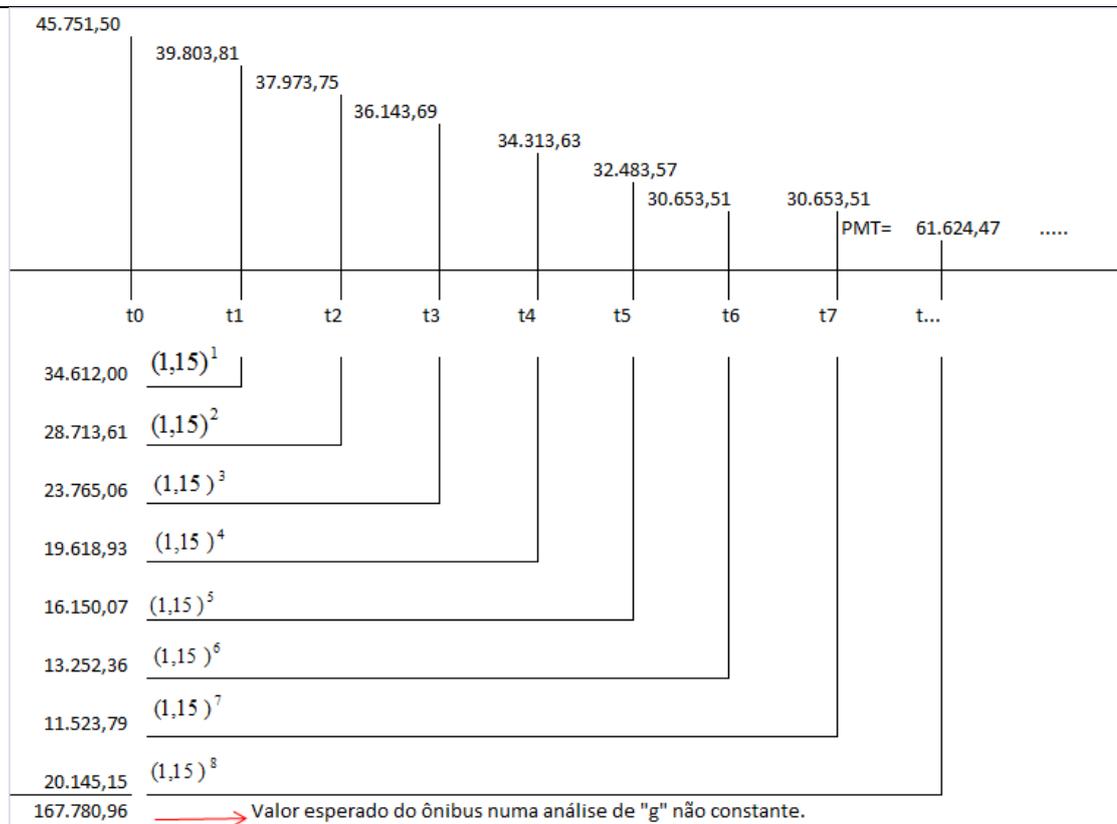


Figura 11 – Valor Descontado do Fluxo Ano de 2006
Fonte: Dados da autora

Ano 2005- Valor descontado do fluxo:

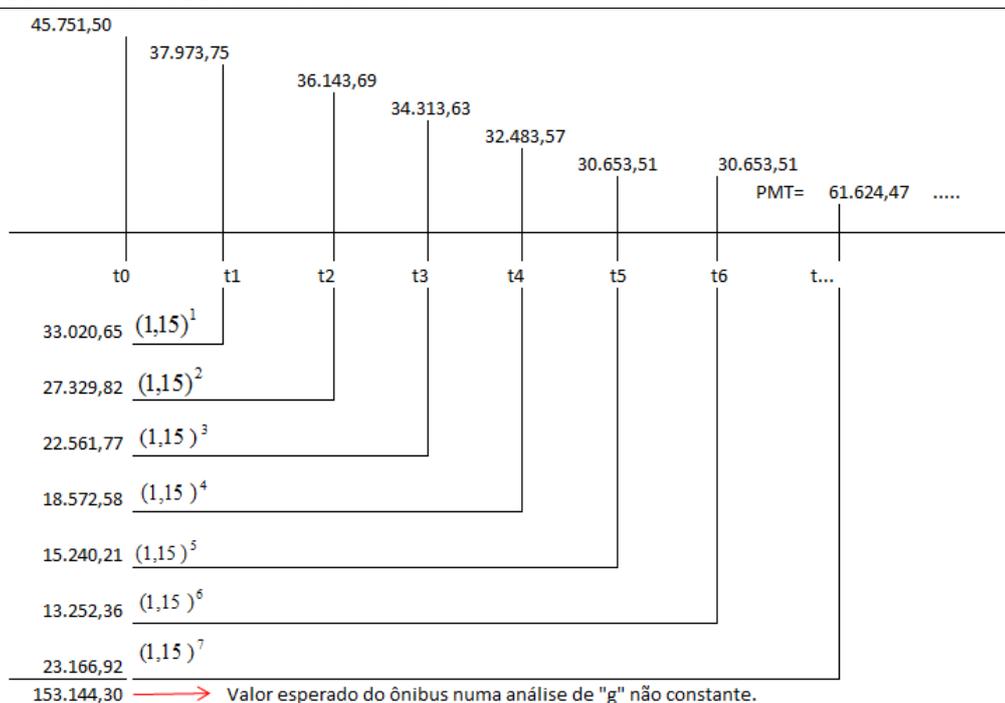


Figura 12 – Valor Descontado do Fluxo Ano de 2005
Fonte: Dados da autora.

 Ano 2004- Valor descontado do fluxo:

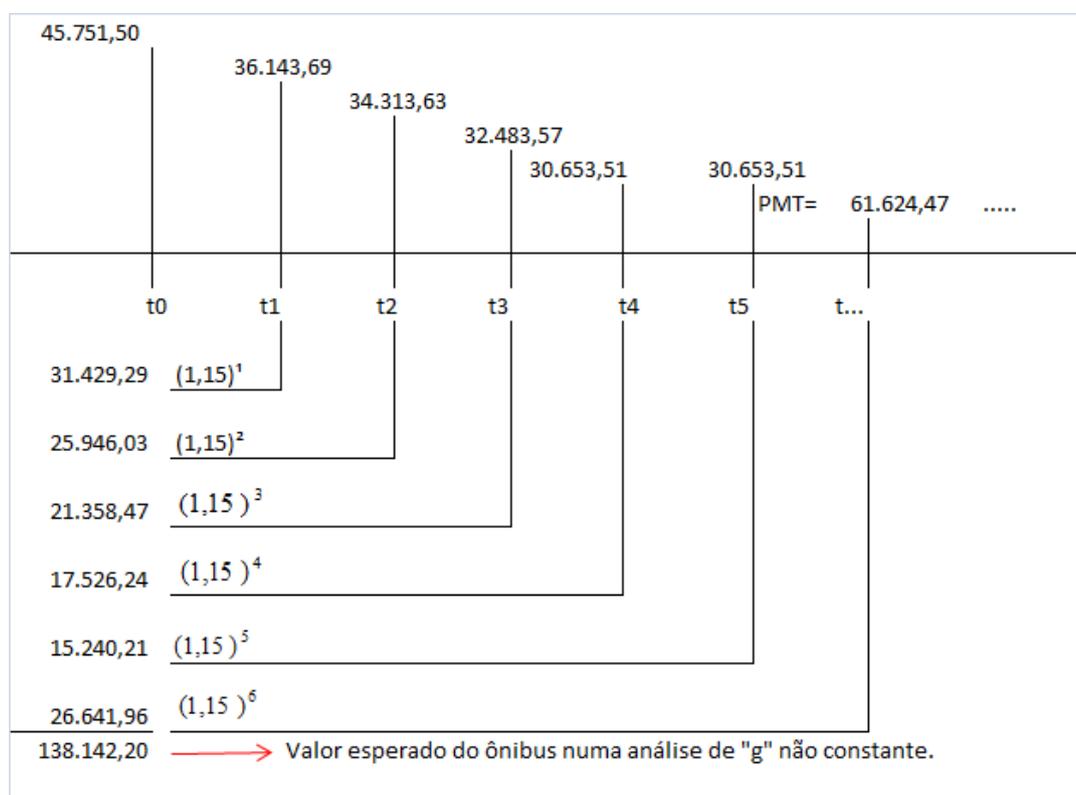


Figura 13 – Valor Descontado do Fluxo Ano de 2004
 Fonte: Dados da autora.

Desta forma, o valor do fluxo de caixa obtido pelo cálculo do modelo proposto foi:

Evolução Fluxo de Caixa no Tempo com Taxa Crescimento Custo Manutenção não Constante	
Ano	Valor Fluxo Gerado
t0	198.771,61
t1	183.293,37
t2	167.780,96
t3	153.144,03
t4	138.142,20

Figura 14 - Evolução Fluxo de Caixa no Tempo c/Taxa Cresc.
 Manutenção Não Constante
 Elaborado pela Autora

Os valores de mercado pesquisados não se alteraram e os dados obtidos junto a Fundação Instituto Pesquisa Econômicas-FIPE (ano 2009) levaram em consideração:

- Modelo do ônibus: Convencional com Câmbio Manual Adaptado;
- Tipo de Carroceria: Ciferal;
- Marca: Mercedes Benz;
- Chassi: OF 1722;

Após pesquisa os valores de mercado apurados foram os seguintes:

Assim, foi comparado o valor esperado do ôniibus por fluxo de caixa com o valor de mercado, conforme a Figura 16:

Evolução Fluxo de Caixa e Valor de Mercado com Taxa Crescimento Custo Manutenção não Constante		
Ano	Valor Fluxo Gerado	Tabela Fipe
t0	198.771,61	225.000,00
t1	183.293,37	210.000,00
t2	167.780,96	174.000,00
t3	153.144,03	140.000,00
t4	138.142,20	120.000,00

Figura 16 - Evolução Fluxo de Caixa e Valor de Mercado

c/Tx.Cresc.Custo Man. Não Constante

Elaborado pela Autora

Observa-se que até o ano t2 o valor do fluxo gerado fica inferior ao valor de mercado, invertendo-se posteriormente nos anos t3 e t4, conforme ilustra o Gráfico 5 a seguir:

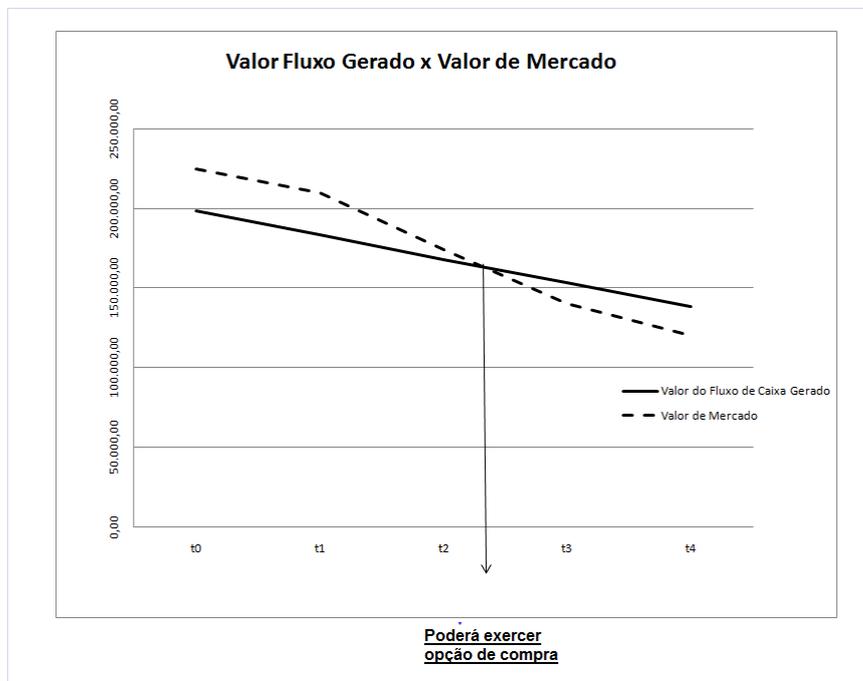


Gráfico 5 – Valor do Fluxo Gerado com Taxa Custo Manutenção Com Crescimento não Constante *versus* Valor Mercado
Fonte: Dados da autora.

Logo, a decisão foi que a opção de comprar poderia ser exercida a partir do 2º ano de uso, pois o valor esperado do ônibus a partir deste período superou o valor de mercado.

5 CONCLUSÃO

O estudo atingiu seu objetivo ao apresentar um modelo que identifica o momento em a opção de vender ou comprar um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano pôde ser exercida.

Assim a pesquisa identificou quando o sistema de transporte público urbano deve exercer a opção de vender e comprar um ônibus por meio da modelagem e valoração da Teoria das Opções Reais (TOR).

A metodologia apresentada analisou as variáveis de fluxo de caixa, o custo de manutenção por veículos e o custo de capital da empresa, apresentando um modelo simplificado que foi detalhado e testado neste estudo. Importante ressaltar que, a simplificação é um limitador do modelo.

Desta forma, a modelagem da Teoria das Opções Reais ao mensurar o valor do ônibus esperado permitiu comparar, verificar e testar com o valor de mercado e assim estabelecer uma métrica de tempo na tomada de decisão.

Esse modelo naturalmente pode ser aplicado em outras modalidades de negócios e segmentos empresariais, tais como, indústrias e transportadoras, desde que possuam ativos que requeiram custo de manutenção.

Apesar do processo no estudo de caso ter sido elaborado de forma detalhada e testada, os resultados poderão ser diferentes quando aplicado em outro contexto ou momento e, possivelmente será.

Como recomendação para estudos futuros, há a sugestão de análise das outras variáveis operacionais, tais como, tempo movimentação cíclica dos veículos, tempo de parada ótima, velocidade operacional e tempo de viagem.

Podendo inclusive replicar esta modelagem da TOR em tempo contínuo, bem como, dar continuidade ao levantamento de dados e testar se a opção se perpetua ou se modifica em algum momento da vida útil do ônibus.

A renovação da frota sob impacto econômico no resultado empresarial, seria outra recomendação para desenvolvimento de estudos futuros, por meio inclusive da análise do conjunto da frota e suas particularidades.

Numa abordagem sócio ambiental, uma recomendação para futuros trabalhos, seria a análise da evolução da idade média da frota relacionado ao impacto no meio ambiente e a qualidade de vida dos usuários, acrescentando as variáveis qualitativas, tais como, qualidade, conforto, meio ambiente, entre outras.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J. J. G. de; FIGUEIREDO, A. dos S. Produtividade e qualidade em empresas transporte coletivo urbano. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, ano 15, p. 63-82, 1º trimestre 1993.

BLACK, F.; SHOLES, M. “The pricing of option and corporate liabilities”. **Journal of Political Economy**, v. 81, May-June, 1973.

BRANDÃO, L. E. **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para valoração de uma concessão rodoviária**. 2002. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BRASIL, H. G. et al. **Opções reais conceitos e aplicações a empresas e negócios**. São Paulo: Atlas, 2007.

_____. **Real Options Valuation: opções reais: material de treinamento**. Rio de Janeiro: Alliance Corporate Education, 2005.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, Publicada em 05 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Proposta de barateamento das tarifas do transporte público urbano**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br>>. Acesso em: 28 out. 2009.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. **Lei n. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Brasília, Ano. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação

de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. Portugal: McGraw-Hill, 1998.

COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA. **Norma Complementar nº 004, de 18 de dezembro de 2008**. Vitória, 2008. Dispõe sobre a idade média e os critérios para avanço nas faixas etárias de veículos da frota do Sistema de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros sob gerenciamento da CETURB-GV, e dá outras providências.

_____. **Ônibus – Dados Operacionais**. Disponíveis em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

COX, J., ROSS, S., RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, p. 229-264, Oct., 1979.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S., **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Constituição (1998). **Constituição [do] Estado do Espírito Santo**, data de publicação em 05 de outubro de 1989. Vitória/ES, 2003: Assembléia Legislativa Estadual. Disponível em: <<http://www.sefaz.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez 2008.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei Complementar nº 58, de 21 de fevereiro de 1985**. Vitória/ES, Ano 2008. Dispõe sobre a institucionalização da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

_____. **Lei nº 3.693, de 6 de dezembro de 1984**. Vitória/ES, Ano 2008. Dispõe sobre a institucionalização do Sistema de Transportes Urbanos da Aglomeração Urbana da Grande Vitória, componente do Sistema Nacional de Transportes Urbanos. Disponível em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

FELDENS, A. G. F. **Sistemática para desenvolvimento de políticas de substituição de frotas de ônibus para transporte público urbano**: uma abordagem multicritério. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FREITAS, M. J. de S.; RESENDE FILHO, N. de S. Custos de manutenção: competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior competitividade. **Revista do Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, p. 18-29, set. 2006. Parte integrante da edição 126.

FUNDAÇÃO INSTITUTO PESQUISA ECONOMICAS; 2009. Disponível em: <http://www.webtrucks.com.br/index.php?p=avaliar_usado>. Acesso em: 20 jun. 2009.

HARTMAN, J. C. An Economic Replacement Model with Probabilistic Asset Utilization. **Journal Institute of Industrial Engineers**, p. 717, Set. 2001.

HARTMAN, J. C.; KELES, P. Case Study: Bus Fleet Replacement. **Publishead in [The Engineering Economist](#)**, v. 49, n. 3, p. 253-278, Set. 2004.

MAGALHÃES, M. de L. **Estudo dos impactos da diferenciação tarifária no sistema integrado de transporte urbano de Goiânia**. 2001.167 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília/DF, jul., 2001.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos custos de manutenção e de não manutenção de equipamentos industriais. ENCONTRO DE MESTRANDOS, 7.; ENCONTRO DE DOUTORANDOS EM ENGENHARIA, 2., 2003, São Pedro, SP. **Anais**. Piracicaba: UNIMEP, 2003. v. 2, p. 161-168.

MARTINEZ, A. L. Opções Reais na Análise de Contratos de Leasing. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p. 36-48, Abr./Jun.1998. Parte integrante da edição 38.

MEIRELLES, H. L. **Direito administrativo brasileiro**. 25. ed. São Paulo: Malheiros, 2000.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria de opções reais aplicada a projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

MURTY, A. S. R.; NAIKAN, V. N. A. Availability and Maintenance Cost Optimization of a Production Plant. **International journal of quality & Reability Management**, Cambridge, 12, n. 2, p. 28-35, 1995.

SMITH, V. L. Economic Equipment Policies: an Evaluation. **Management Science**, v. 4, n. 1, p. 20-37, Oct. 1957.

TRIGEORGIS, L. **Real Options**: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

VALENTE, A. M. et al. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thompson, 2003.