

# **Custo Mínimo e o Ponto de Substituição de Equipamentos Logísticos**

**Uma Proposta de Aplicação à frota de veículos de transporte de cargas do Exército Brasileiro**

**Élton Oliveira Rodrigues**

**Nélio Domingues Pizzolato**

**Luis Antonio Moreira Seabra**

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

## **RESUMO**

Este artigo apresenta um estudo sobre os custos que incidem sobre o transporte rodoviário de cargas e como estes determinam o melhor momento para a substituição dos equipamentos de transporte. O problema é relevante para a Organização Militar, cujo principal objetivo é a execução da logística para o Exército. A modelagem matemática foi baseada na coleta de dados na Organização Militar. O desenvolvimento do modelo foi amparado pela bibliografia pesquisada e nos dados obtidos no Sistema Federal de Administração Financeira (SIAFI). Para a análise dos dados foram utilizadas planilhas eletrônicas do Microsoft Excel para o cálculo dos resultados. Os veículos analisados são usados em cinco grandes eixos de deslocamento dentro do território nacional. Os veículos foram divididos em quatro categorias, de acordo com o peso bruto total. Quando o modelo apresentou médio ou fraco grau de correlação múltipla ( $R^2$ ), outras funções matemáticas foram buscadas para melhorar o grau de correlação. Os resultados são mostrados de modo analítico e por meio de tabelas e gráficos com valores expressos em unidades monetárias em função do tempo de uso dos veículos.

## **ABSTRACT**

This article presents a study about all costs that fall upon the freight transportation in order to determine the best economic moment to replace transportation equipments. The problem is relevant to military organizations, whose main objective is the execution of the logistics for the Army. The mathematical modeling was based on data collect in the military organization. The development of the model which includes mathematical equations was supported by bibliography research and data collected in the SIAFI federal System. Microsoft Excel electronic spread sheets have been used for the evaluation of the data and for the fitting of the results. The vehicles are used along five large axles of displacements along the national territory. The vehicles considered have been divided in four categories according to its total gross weight. When the model presentes a medium or weak degree of multiple correlation ( $R^2$ ), others mathematical functions have been searched in order to improve the correlation degree. Results are shown in analytical way and through tables and graphs, which expresses values in monetary terms as a time function of use of the vehicles.

## **INTRODUÇÃO**

Atualmente, nos países em desenvolvimento, existem importantes restrições financeiras para manutenção de um exército em condições operacionais de atuar satisfatoriamente, isto é, defender os interesses nacionais onde se faça necessário.

Mesmo em função das constantes restrições orçamentárias impostas pelo Governo Federal, busca-se manter a operacionalidade dos transportes da Força Terrestre. Para que se consiga prever o momento de substituição há necessidade do acompanhamento e do gerenciamento dos custos, de modo a minimizá-los, identificando o momento em que se torna por demais onerosa a permanência de um determinado equipamento em operação. A maneira mais racional de se buscar o valor do custo mínimo para a renovação desses equipamentos exige o gerenciamento dos custos.

Um grande desafio da Logística Moderna, seja ela de caráter militar ou empresarial, está em gerenciar de forma racional cada parcela que compõe os custos logísticos, visando minimizar os custos totais e manter um adequado nível de serviço ao cliente (pessoa física, empresa ou governos), o que obrigatoriamente passará pela qualidade dos equipamentos disponíveis para a prestação do serviço.

Segundo Ballou (1993):

“Enquanto os níveis da atividade logística e seus custos associados estão refletidos no preço e, em menor grau, na qualidade do produto, sua influência direta ocorre no nível de serviço (p.75)”.

### **Objetivos e Hipóteses**

Dada a complexidade do tema descrito e a sua importância dentro da avaliação das estratégias de transporte dentro do Exército Brasileiro (E.B.), foi definido como objetivo geral desse trabalho avaliar a relação entre as variações dos custos relacionados ao transporte de cargas executado pelo modal rodoviário e seus reflexos sobre a substituição dos equipamentos logísticos. Neste caso, considerou-se a renovação da frota de veículos dentro da Organização Militar responsável pela execução da logística terrestre do Exército Brasileiro, o Estabelecimento Central de Transportes (ECT).

Como Objetivos deste trabalho, destacam-se os seguintes: avaliar os principais fatores que contribuem para a formação dos custos de transporte, identificar as variações do custo médio de transporte rodoviário de cargas no ambiente operacional e seu possível impacto no planejamento da renovação dos equipamentos logísticos e propor uma metodologia que possa ser utilizada na apuração do custo médio de transporte, permitindo, dessa maneira, o fornecimento de bases quantitativas para o planejamento da renovação da frota.

### **Delimitações da Pesquisa**

A pesquisa teve como objetivo específico a determinação do custo mínimo de transporte e do ponto de substituição dos veículos, baseado na frota disponível até março de 2003. Os veículos analisados realizam transporte de itens de suprimentos divididos em classes que são codificadas de I a X e utilizados no E.B. No processo de distribuição, é de grande importância o monitoramento dos custos e a constante avaliação da frota visando sua renovação, de modo a reduzir as possibilidades de falhas frequentes nos equipamentos e a possibilidade de se comprometer a segurança da carga, material ou pessoal envolvidos na missão.

O Estabelecimento Central de Transportes (ECT) é a unidade básica de execução logística rodoviária do E.B. e tem como missão precípua o planejamento e a execução, em território nacional, e em qualquer situação (de paz ou de guerra) do transporte de todas as classes de suprimentos, em âmbito nacional, em cooperação com outras Forças Armadas.

O presente artigo trata dos custos médios associados à substituição de equipamentos logísticos de transporte rodoviário terrestre. Não foi escopo deste trabalho avaliar os custos associados à distribuição, tais como movimentação e estocagem de suprimentos.

Os dados coletados utilizados neste trabalho baseiam-se em registros contábeis disponíveis no SIAFI, Guias de Remessa (GR), Guias de Fornecimento (GF) e em relatórios relativos à frota pesquisada.

Para encontrar os resultados foi utilizada a metodologia proposta por Alvarenga e Novaes (2000), tendo sido desenvolvidas planilhas eletrônicas no Microsoft Excel, para aplicação aos dados coletados.

O tratamento matemático desenvolvido para os dados obtidos com a pesquisa foi feito por meio de ajustes a uma curva, através de funções matemáticas contínuas do tipo exponencial e do tipo polinomial. Com a busca destas curvas foi possível encontrar o melhor grau de aderência para os dados obtidos. Fizeram-se ajustes aos valores médios com base nos dados obtidos com a pesquisa, e finalmente, realizou-se prospecções para um horizonte de tempo de até 20 (vinte) anos de uso continuado dos veículos. Não foram considerados, para esta pesquisa, os custos administrativos.

Deve-se observar que a ausência dos efeitos fiscais, resultantes do cálculo da depreciação, torna a metodologia apresentada distinta daquela em uso nas empresas privadas, pois as mesmas se valem desse incentivo fiscal, o qual é alocado como despesa, na apuração de seu resultado fiscal anual na forma de depreciação, o que estimula a troca do equipamento logístico.

A depreciação, em termos contábeis, não é adotada pelo EB em seus bens móveis e imóveis, ou seja, os veículos não são depreciados como um elemento contábil, dificultando, com isto, o desenvolvimento de um parâmetro matemático para se fazer a substituição dos veículos em função do tempo de uso. Para contornar esse problema, foi necessário adotar a metodologia de cálculo de desvalorização média anual sugerida por Alvarenga e Novaes (2000).

### **Principais dificuldades encontradas**

A pesquisa dos valores referentes aos gastos com materiais de manutenção, reparo e operação, em notas fiscais, guias de remessa (GR), guias de fornecimento (GF) e no SIAFI, foi cercada de problemas, como: Ausência de exatidão no histórico do registro contábil, erros na classificação contábil da despesa no SIAFI, falta de precisão nos dados lançados em relatórios referentes às missões dos veículos, ausência do registro das horas de mão-de-obra trabalhadas, na manutenção de cada veículo como prática da Organização Militar (OM), Por se tratar de uma Instituição sem fins lucrativos, a taxa de retorno desejável foi estimada e fornecida pelo órgão técnico responsável.

### **CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE RESULTADOS**

Para efeitos de análise e comparação, os veículos foram agrupados por categoria e subgrupos, dentro do ano de aquisição, de modo que fosse possível comparar seus custos e determinar qual seria o momento mais adequado para a substituição de cada equipamento, de acordo com os encontrados. Para se atingir este objetivo foi utilizada a seguinte **metodologia**:

#### **Coleta de Dados**

Os dados coletados utilizados neste artigo baseiam-se em registros contábeis de compras registrados no Sistema de Administração Financeira (SIAFI) do Governo Federal, em notas fiscais de compras, guias de remessas e guias de fornecimentos e nos relatórios relativos aos veículos da frota pesquisada.

O método empregado para a realização do trabalho envolveu o desenvolvimento de planilhas eletrônicas, com base na metodologia apresentada por Alvarenga e Novaes (2000) para os seguintes cálculos: custos operacionais, desvalorização média anual do veículo, custo anual de capital, custo médio anual de manutenção, custo médio anual total, custo médio anual por quilômetro rodado por veículo e determinação da idade de substituição dos veículos por meio de funções contínuas. Foram, também, desenvolvidas equações matemáticas que se ajustassem aos valores médios dos dados obtidos com a pesquisa.

Baseado nessa metodologia, buscou-se realizar prospecções para um horizonte de tempo de 20 (vinte) anos de uso continuado de veículos. Na metodologia apresentada, tal qual proposta por Alvarenga e Novaes (2000), não foram considerados os custos administrativos.

### **Tratamento dos Dados para Elaboração dos Custos Relativos à Manutenção dos Veículos**

Segundo Alvarenga e Novaes, para se determinar a vida útil de um equipamento é fundamental pesquisar e estabelecer uma política para a manutenção. Para efeitos de contabilidade, as despesas são divididas em inspeção, manutenção preventiva e corretiva, limpeza e material de oficina. Os custos que podem ser capitalizados são as reformas e os recondicionamentos. Eles contribuem para prolongar a vida útil do veículo. O controle de custos deverá determinar a vida útil, em quilômetros, de todas as peças sujeitas a maior desgaste.

Quando se adquire um veículo novo, há um valor investido “P” que corresponde ao preço desse veículo. É interessante notar que o veículo será utilizado, em princípio, em sua plenitude e após este período de “n” anos, ele será vendido (alienado) para terceiros por um valor residual estimado em “R”, sendo então substituído por um novo.

Existem diversos fatores que influenciarão na formação dos custos dos equipamentos logísticos. É necessária especial atenção a esses fatores, pois os mesmos determinarão variações significativas na composição dos custos.

Para Novaes et al. (1977), os seguintes fatores influenciam significativamente nos custos de operação dos equipamentos:

“... Quilometragem desenvolvida: o custo por quilômetro diminui quanto mais o veículo rodar, pois o custo fixo é dividido pela quilometragem. Há, contudo, que se observar a velocidade mais econômica de operação do veículo”. Outros fatores são o tipo de tráfego, de via, a região, o porte do veículo e o desequilíbrio de fluxo.

### **Custos relacionados à operação analisados**

Os dados referentes aos custos operacionais foram compilados em planilhas eletrônicas do Excel e alocados a cada veículo, de acordo com os registros disponíveis e, posteriormente combinados

numa única planilha sob o título de Custo Médio Anual de Manutenção. Os itens que compuseram estes custos são os seguintes: Lubrificantes, graxas e filtros – os relatórios indicavam apenas as quantidades utilizadas, não constando valores. Estes foram retirados de registros contábeis existentes no SIAFI, ou ainda na GR, ou GF desse material para a Organização Militar (OM), Pneus e Câmaras – com base nos dados colhidos na OM, este item apresentou uma durabilidade média de 85.000 quilômetros de vida útil, peças – foram usados os valores constantes em notas fiscais de compra, guias de remessa de material e ainda nos registros contábeis existentes no SIAFI, outros materiais – são itens que são usados na manutenção do veículo, tais como: estopas, diluentes, pincéis para limpeza, etc. Todos os custos acima compõem os custos variáveis.

O custo médio anual de capital e ponto de referência que uma entidade (instituição ou empresa) usa para avaliar o retorno desejado de seu investimento, havendo vários fatores que determinam a taxa correspondente. No caso analisado, em função de não se buscar o lucro com a atividade logística, essa taxa foi fixada em 5% pela Secretaria de Economia e Finanças (SEF).

### **Custo Médio por quilômetro quadrado**

Os custos médios por quilômetro rodado foram calculados com base no somatório dos custos médios fixos e variáveis. Quanto aos custos fixos, foram adicionados os relacionados aos salários dos motoristas e despesas com licenciamento e seguro obrigatório para cada tipo de veículo. Foi utilizado o deflator IGP – DI = 100, calculado pela Fundação Getúlio Vargas.

### **Tempo Médio de Substituição do Veículo**

Após a coleta de dados referentes aos custos de manutenção, calculou-se a desvalorização anual média, o custo financeiro médio anual em função do tempo de utilização do veículo, os custos anuais médios de manutenção, o custo anual médio total e as equações matemáticas que ajustam o modelo matemático aos dados encontrados na pesquisa. Foram testados dois tipos de funções de ajuste:  $Y = a + b x^2 + c x$ , onde Y é o custo médio ajustado por quilômetro rodado, X é o ano e a, b e c são os parâmetros de ajuste, e outra exponencial que tem a forma  $Y = a X^b$ , onde Y é função, X tem o mesmo significado e a e b são os parâmetros obtidos na regressão.

A frota foi dividida em quatro subgrupos, de acordo com a classificação comercial, em categorias por tonelada de Peso bruto: Veículos Médios (PBT de 10 a 15 toneladas), Veículos Semi Pesados (PBT de 15 a 45 toneladas)

Aplicação a um tipo de veículo

Veículo analisado neste artigo: é um Caminhão Truck Mercedes Bens L 2014 com Baú 10 Ton, ano de fabricação 1988.

Este veículo possuía dezesseis anos de utilização em dezembro de 2003, sendo analisado sob 3 (três) aspectos: a) Custo Médio Anual de Capital, b) Custo Médio Anual de Manutenção e c) Custo Médio por Quilômetro Rodado, que determina o ponto (idade) de substituição do equipamento.

### **Custo Médio Anual de Capital**

O gráfico 1 mostra os resultados do comportamento da curva do custo médio de capital encontrada a partir dos dados obtidos na pesquisa. À medida que o tempo decorre, o custo médio de capital tende a ser reduzido. Isto se deve ao fato de que, com o passar do tempo, o veículo vai se desvalorizando e os juros sobre o valor “P” investido inicialmente (custo financeiro) vai diminuindo, ou seja, quanto mais tempo se usa o um certo bem, com o passar do tempo, o dinheiro empregado tende a custar menos.

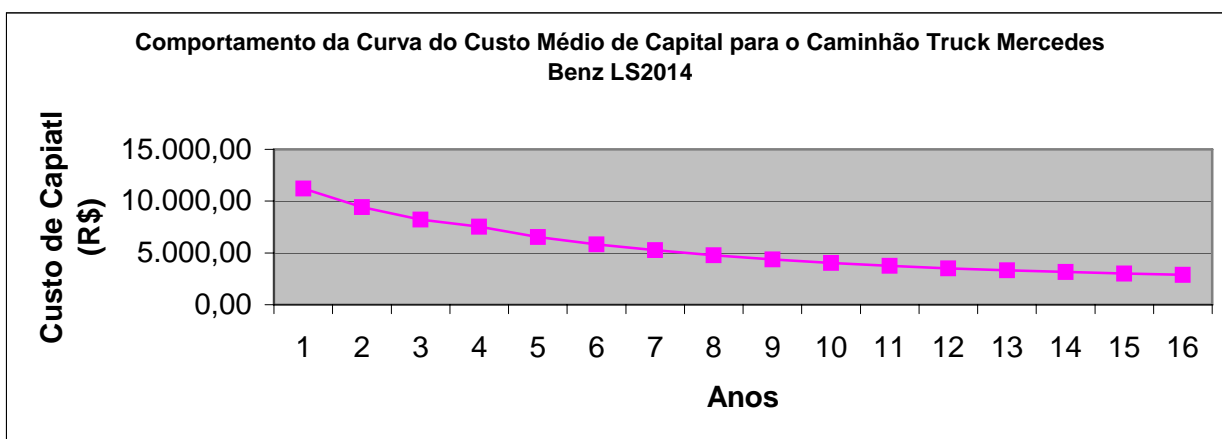


gráfico 1

### Custo Médio Anual de Manutenção

O gráfico 2 mostra os resultados dos comportamentos das curvas do custo médio de manutenção, encontrada a partir de dados obtidos na pesquisa, bem como a curva do custo médio de manutenção ajustado por uma função matemática do tipo potência (  $Y = 6,221X^{0,0338}$  )

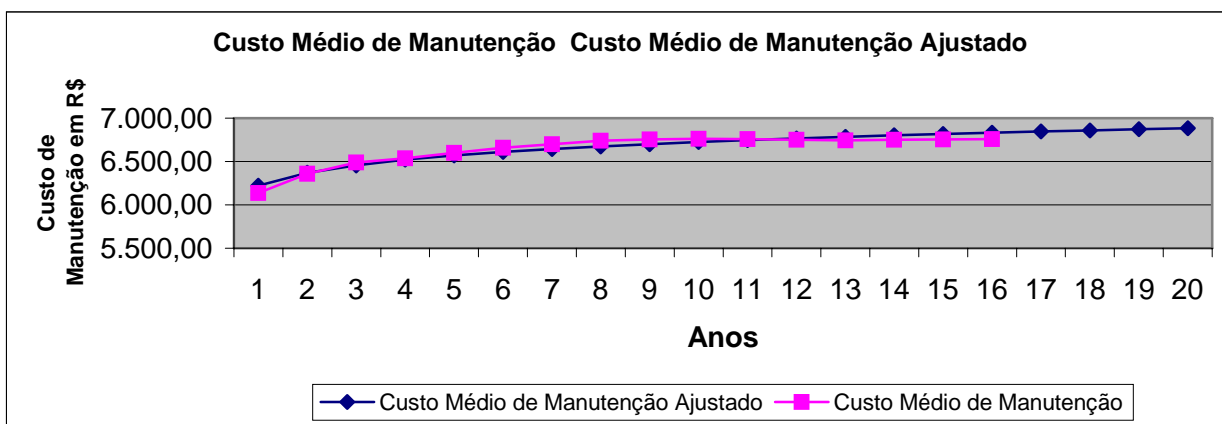


Gráfico 2

A análise gráfica mostra um aumento crescente dos custos de operação do primeiro ao sétimo ano, havendo pouca oscilação daí em diante. Já a curva de ajuste (ou de projeção) apresenta um achatamento com menor oscilação a partir do quinto ano de utilização do veículo. Isto se deveu ao fato da projeção do comportamento desse tipo de custo, com o uso da função matemática de

ajuste ter apresentado um crescimento com variação para um horizonte de tempo de 20 (vinte) anos.

O Coeficiente de Determinação Múltipla encontrado para o custo médio anual de manutenção ajustado, em relação aos dados obtidos com a pesquisa, foi de 0,9251, apresentando evidências de que existe uma forte correlação entre os dados da pesquisa e a expressão matemática de ajuste.

### Custo Médio Por Quilômetro

O gráfico abaixo mostra o comportamento dos dados obtidos com a pesquisa e os valores encontrados com a aplicação do modelo de ajuste para discriminação do tempo ótimo de renovação da frota. Para este caso, o modelo matemático de ajuste seguiu uma função tipo polinomial ( $Y = 0,0009X^2 - 0,0173X + 0,194$ ).

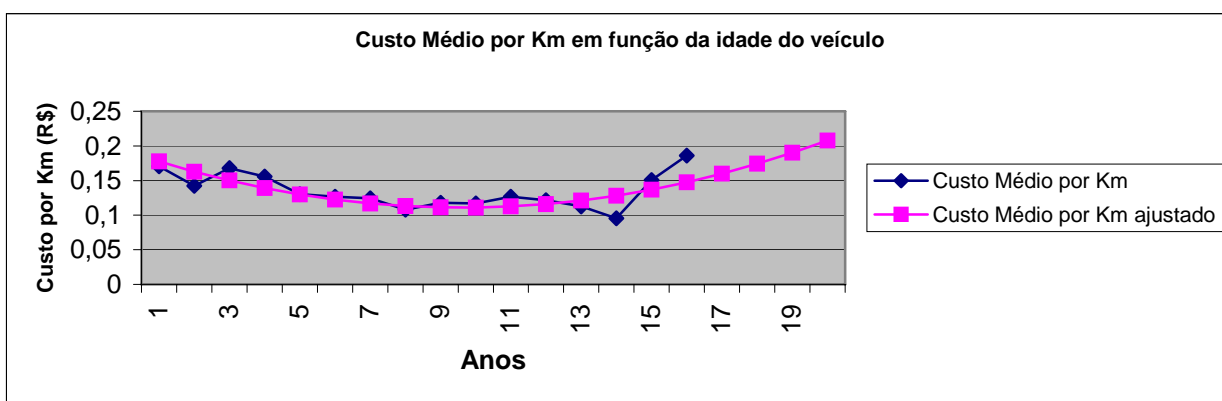


Gráfico 3

Em relação aos dados obtidos na pesquisa para a formação custo médio por quilômetro rodado, o veículo apresentou um custo por quilômetro rodado mínimo de R\$ 0,0956. Com base neste valor, o estudo apresentou evidências de que a idade média para a substituição é de 14 (quatorze) anos.

A equação matemática de prospecção encontrada para o cálculo de custo médio por quilômetro rodado, baseada no comportamento médio dos valores, forneceu um coeficiente de determinação múltipla  $R^2$  de 0,5883, evidenciando um médio grau de correlação, neste caso, entre os dados da pesquisa e o modelo matemático.

Com relação ao custo médio por quilômetro projetado, mantendo-se a tendência geral dos custos de acordo com o modelo matemático encontrado, o valor do custo foi de R\$ 0,1110. A idade de substituição encontrada, com base no modelo matemático foi de 10 (dez) anos.

De acordo com as evidências apresentadas na pesquisa, é possível balizar os pontos de máximo e mínimo valendo-se do modelo matemático em relação aos dados obtidos com a pesquisa, ou seja, o tempo mínimo seria de 10 anos e o máximo seria de 14 anos. Na média, a idade ideal para substituição deste veículo seria de 12 (doze) anos.

### **Conclusão**

Não se pretendeu esgotar todas as possibilidades de análises e informações que os modelos possam fornecer. Buscou-se identificar como os custos de operação podem apontar, de maneira simples e objetiva, a idade mais adequada para a substituição do equipamento analisado.

O campo para este tipo de pesquisa apresenta muitas possibilidades de aplicação, que vão desde a substituição de equipamentos que fazem a logística, até a substituição de outros equipamentos, desde que possam ser mensurados e alocados os custos operacionais que envolvam seu funcionamento.

### **Referências Bibliográficas**

RODRIGUES, Élton Oliveira: **Custo Mínimo e o Ponto de Substituição de Equipamentos Logísticos**: uma proposta de aplicação à frota de veículos de transporte de cargas do Exército Brasileiro. Rio de Janeiro: 2004. 213p

ALVARENGA, A. C., NOVAES, A. G. N. **Logística Aplicada**: suprimento e distribuição física. 3. ed. 1.reimp. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 194p

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de Suprimentos**. Tradução Elias Pereira. 4. ed. São Paulo: Bookman, 1999. 532p. Título original: Business Logistics Management, 4/E.