

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

UMA NOVA METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO CUSTO HORÁRIO  
PRODUTIVO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

ANA CRISTINA GONÇALVES NORMEY

FLORIANÓPOLIS  
SANTA CATARINA - BRASIL  
OUTUBRO / 1989

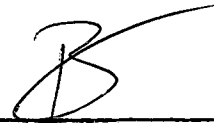
UMA NOVA METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DO CUSTO HORÁRIO  
PRODUTIVO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS

ANA CRISTINA GONÇALVES NORMEY

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

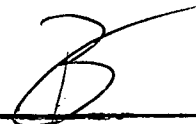
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS EM SUA FORMA FINAL  
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



---

Prof.: Ricardo Miranda Barçia, Ph. D  
Coordenador

Banca Examinadora:



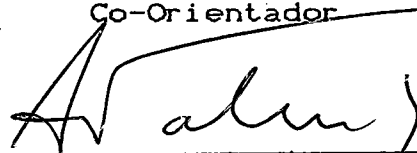
---

Prof.: Ricardo Miranda Barçia, Ph. D  
Presidente



---

Prof.: Álvaro G. Rojas Lezana, M. Eng  
Co-Orientador



---

Prof.: Amir Mattar Valente, M. Eng

À meu marido

À meus pais e irmãos

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Ricardo Miranda Barcia e Alvaro G. Rojas Lezana pelo trabalho de orientação.

Ao professor Amir Mattar Valente pelas contribuições na elaboração da versão final do trabalho.

Aos engenheiros César Augusto F. dos Santos e João Freitas do DNER, ao engenheiro Zeno Butze do DER e ao engenheiro Claudio Roberto W. de Carvalho do revendedor Caterpillar, Figueras, pelos valiosos momentos de discussão.

À CAPES e a UFSC pelo apoio financeiro.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	01
LISTA DE TABELAS .....	02
RESUMO .....	03
ABSTRACT .....	04
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	
1.1 - Origem do Trabalho .....	05
1.2 - Objetivo e Importância do Trabalho .....	05
1.3 - Limitação do Trabalho .....	06
1.4 - Organização do Trabalho .....	06
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2 - REVISÃO E CRÍTICA DOS MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO HORÁRIO PRODUTIVO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS</b>	
2.1 - Introdução .....	08
2.1.1 - Definições .....	08
2.2 - Custo Horário de Utilização .....	10
2.2.1 - Custo de Propriedade .....	10
2.2.1.1 - Depreciação .....	10
2.2.1.2 - Juros e/ou Remuneração .....	17
2.2.1.3 - Seguros e Impostos .....	18
2.2.2 - Custo de Operação .....	19
2.2.2.1 - Manutenção .....	20
2.2.2.2 - Materiais .....	24
2.2.2.3 - Pneus .....	31

2.2.2.4 - Material Rodante - Esteiras ....	33
2.2.2.5 - Itens Especiais .....	34
2.2.2.6 - Mão de Obra .....	35
2.3 - Produção dos Equipamentos .....	36

### CAPÍTULO III

#### 3 - METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 - Introdução .....	38
3.2 - Custo de Utilização dos Equipamentos .....	38
3.2.1 - Custo de Propriedade .....	38
3.2.1.1 - Depreciação .....	38
3.2.2 - Custo de Operação .....	48
3.2.2.1 - Manutenção .....	48
3.2.2.2 - Combustíveis .....	57
3.2.2.3 - Óleo Lubrificante, Filtros e Graxas .....	58
3.2.2.4 - Pneus .....	60
3.2.2.5 - Material Rodante - Esteiras ....	61
3.2.2.6 - Itens Especiais .....	61
3.2.2.7 - Mão de Obra .....	62
3.3 - Produtividade .....	62

### CAPÍTULO IV

#### 4 - APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1 - Introdução .....	66
4.2 - Custo de Propriedade .....	67
4.2.1 - Custo Horário de Depreciação .....	67
4.3 - Custo de Operação .....	73
4.3.1 - Custo Horário de Manutenção .....	73
4.3.2 - Custo Horário de Combustível .....	75
4.3.3 - Custo Horário de Lubrificantes .....	75
4.3.4 - Custo Horário de Filtros .....	76
4.3.5 - Custo Horário de Pneus .....	76

4.3.6 - Custo Horário dos Itens Especiais .....	77
4.3.7 - Custo Horário de Mão de Obra .....	77
4.4 - Produtividade .....	79

## CAPÍTULO V

### 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - Conclusões .....	81
5.2 - Recomendações .....	82
BIBLIOGRAFIA .....	84



## LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 - Curva de depreciação linear .....	12
FIG. 2 - Produção de uma motoescraper de 300 HP .....	37
FIG. 3 - Curvas de depreciação. Soma dos dígitos e soma dos dígitos modificada ....	40
FIG. 4 - Curva de depreciação para os diversos tipos de tarefas .....	43
FIG. 5 - Curva de depreciação resultante. Combinação das tarefas leve e pesada .....	48
FIG. 6 - Curva do custo de manutenção .....	50
FIG. 7 - Curvas do custo de manutenção para os diversos tipos de tarefas .....	52
FIG. 8 - Curvas do custo de manutençãg. Tarefas leve, normal e pesada .....	54
FIG. 9 - Custo de manutenção. Combinação das tarefas leve e pesada .....	56
FIG. 10 - Observações instantâneas .....	65
FIG. 11 - Produção das equipes mecânicas .....	80

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Fatores do consumo de combustível .....	25
TABELA 2 - Consumo de combustível .....	26
TABELA 3 - Consumo de lubrificantes e graxas .....	29
TABELA 4 - Consumo de filtros .....	29
TABELA 5 - Vida útil dos pneus .....	31
TABELA 6 - Vida útil dos itens especiais .....	35
TABELA 7 - Vida útil e fatores de manutenção para as diferentes tarefas .....	53
TABELA 8 - Fatores de vida útil .....	57
TABELA 9 - Fatores corretivos .....	59
TABELA 10 - Fatores corretivos .....	59
TABELA 11 - Fatores corretivos .....	59
TABELA 12 - Fatores corretivos da vida útil dos pneus .....	61
DIAGRAMA 1 - Composição de custos .....	10

## RESUMO

Neste trabalho se apresenta um novo método para o cálculo dos Custos Horários Produtivos de Equipamentos Rodoviários.

As modificações propostas sobre os métodos existentes se baseiam, principalmente, na consideração dos fatores reais que influenciam os custos em cada região, e na utilização de modelos matemáticos que melhor representam a realidade física.

Como aplicação, é apresentado um cálculo completo do Custo Horário Produtivo de um caso real.

## ABSTRACT

In this work, a new method is presented for the hourly productive costs calculation of road equipments.

The proposed changes on the existence methods are based, mainly, in considering the real factors that affect costs in each region, and the use of mathematical models that can best represent reality.

As an application, real case, hourly productive costs complete calculation, is presented.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Origem do Trabalho

Tanto os órgãos contratantes como as firmas construtoras vêm aplicando no cálculo do Custo Horário Produtivo de Equipamentos Rodoviários, metodologias que dispõem basicamente de resultados obtidos a partir de pesquisas realizadas no exterior. Muitos dos fatores utilizados para o cálculo, são estimados em função dessas pesquisas e, os valores, assim obtidos, não se adaptam a situação brasileira. Além do problema de adaptação às condições nacionais, muitas destas metodologias apresentam estruturas que não são aplicáveis ao problema de determinação do Custo Horário Produtivo. Da análise desta situação surge a necessidade de realizar um trabalho completo que, levando em consideração os dois aspectos mencionados, crie uma metodologia apropriada para o cálculo do Custo Horário Produtivo.

#### 1.2 - Objetivo e Importância do Trabalho

Neste trabalho propõe-se uma nova metodologia com o objetivo de se determinar o Custo Horário Produtivo dos Equipamentos Rodoviários. Para isso, duas mudanças fundamentais

são introduzidas:

a) os métodos de cálculo utilizados para a determinação do Custo Horário são modificados de acordo com leis de variação que reflitam melhor as condições reais do mercado.

b) as produtividades dos equipamentos serão determinadas utilizando-se as características regionais. Isto faz com que os preços de execução variem substancialmente de uma região a outra.

A inclusão destas mudanças no cálculo de custos logrará, que tanto para empreiteiras como para órgãos contratantes, os serviços sejam justamente remunerados.

### 1.3 - Limitação do Trabalho

Neste trabalho serão apresentados dois tipos de resultados que justificam modificações das atuais técnicas de determinação do Custo Horário Produtivo. Um primeiro grupo de modificações de caráter teórico e um segundo de caráter empírico. É neste segundo grupo que serão encontrados valores limitados (em geral fatores corretivos) às condições em que foram realizadas as medições. A aplicação desses valores na realidade prática, não implicará em resultados ótimos, mas com certeza, eles estarão suficientemente próximos e poderão ser melhorados em futuras pesquisas.

### 1.4 - Organização do Trabalho

Este trabalho contém cinco capítulos organizados da seguinte maneira:

O Capítulo II faz uma revisão dos diferentes métodos existentes para a determinação do Custo Horário Produtivo dos Equipamentos Rodoviários.

O Capítulo III apresenta as modificações realizadas no cálculo de depreciação, manutenção e materiais com o objetivo de atingir resultados mais adequados à realidade do país. Ainda neste Capítulo se utiliza o Método das Observações Instantâneas para a determinação da Produtividade relativa a uma região de determinada característica geográfica.

Os Capítulos IV e V apresentam, respectivamente, uma aplicação do método desenvolvido e as conclusões do trabalho.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO E CRÍTICA DOS MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DO CUSTO HORÁRIO PRODUTIVO DE EQUIPAMENTOS RODOVIÁRIOS

#### 2. 1 - Introdução

Este capítulo tem como objetivo abordar os métodos utilizados para a determinação do Custo Horário Produtivo de Equipamentos Rodoviários que vem sendo utilizado pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER) e empresas privadas.

##### 2.1.1 - Definições

Primeiramente é preciso definir o que se entende por produtividade, custo e custo horário.

Produtividade é o quociente entre o tempo dispendido em determinada atividade e a produção obtida no período considerado.

Custo é o valor dos bens e serviços consumidos numa determinada tarefa e num determinado período.

Para se utilizar uma variável que considere o custo por



unidade de tempo faz-se necessário definir o custo horário como:

Custo Horário é o custo médio por hora de serviço.

A partir destas definições é possível definir formalmente o custo produtivo e o custo horário produtivo.

Custo Produtivo é o valor dos bens e serviços produzidos em um dado período.

Custo Horário Produtivo é o custo produtivo médio por hora de serviço.

O objetivo do Custo Horário Produtivo é avaliar o desempenho horário dos equipamentos. Pode-se dizer que ele atinge um ótimo quando se obtém a produção desejada a mínimo custo.

O Custo Horário Produtivo (CHP) pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$\text{CHP} = \frac{\text{Custo Horário de Utilização (CHU)}}{\text{Produtividade (P)}} \quad (1)$$

O Custo Horário de Utilização de Equipamento [12] é composto pelos Custos de Propriedade e de Operação. Dentro do Custo de Propriedade consideram-se fatores como: envelhecimento, obsolescência e despesas de posse. Já no Custo de Operação, são consideradas despesas devidas ao desgaste produzido pelo uso.

A relação existente entre os custos já definidos pode ser visualizada no diagrama 1.

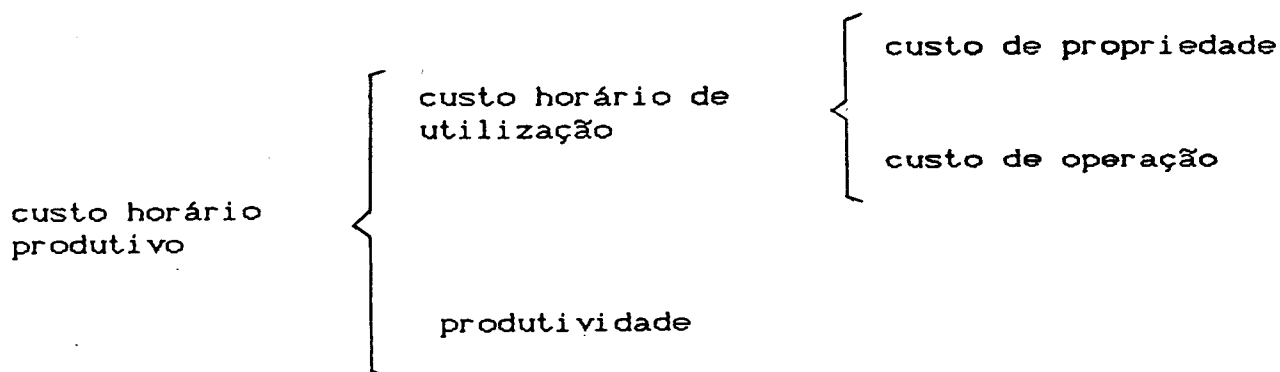


Diagrama.1 - Composição de custos

## 2.2 - Custo Horário de Utilização

### 2.2.1 - Custo de Propriedade

Como o próprio nome indica, o custo de propriedade considera todos os custos de propriedade de um equipamento, isto é, aqueles que se referem à posse dos equipamentos independentemente de os mesmos estarem ou não em operação. Seu objetivo é proteger o investimento feito com a aquisição da máquina.

São considerados: depreciação, juros e/ou remuneração, seguros e impostos.

#### 2.2.1.1 - Depreciação [1], [2], [14], [15], [16]

O objetivo da depreciação é repor, ao longo do tempo de vida útil do equipamento, o valor inicialmente investido na aquisição do mesmo [3].

Para calcular a depreciação, é necessário conhecer, à priori, os seguintes fatores:

- a) vida útil (n) - é o período de tempo em que é econômico manter em funcionamento o equipamento;
- b) valor residual (VR) - é o valor do equipamento no mercado após o término de sua vida útil;
- c) valor de aquisição (V) - é o valor de compra do equipamento, já incluindo os impostos pagos na hora da aquisição.

São três os métodos mais utilizados para a determinação das parcelas de depreciação [18]:

- Método Linear (de acordo com a legislação atual, este é o único permitido);
- Método da Soma dos Dígitos;
- Método das Anuidades Constantes.

Método Linear [2], [3], [5], [6]

Como seu nome indica, este método considera, ao longo da vida útil do equipamento (n períodos), parcelas de depreciação (d) constantes obtidas da seguinte relação:

$$d = \frac{V - VR}{n} \quad (2)$$

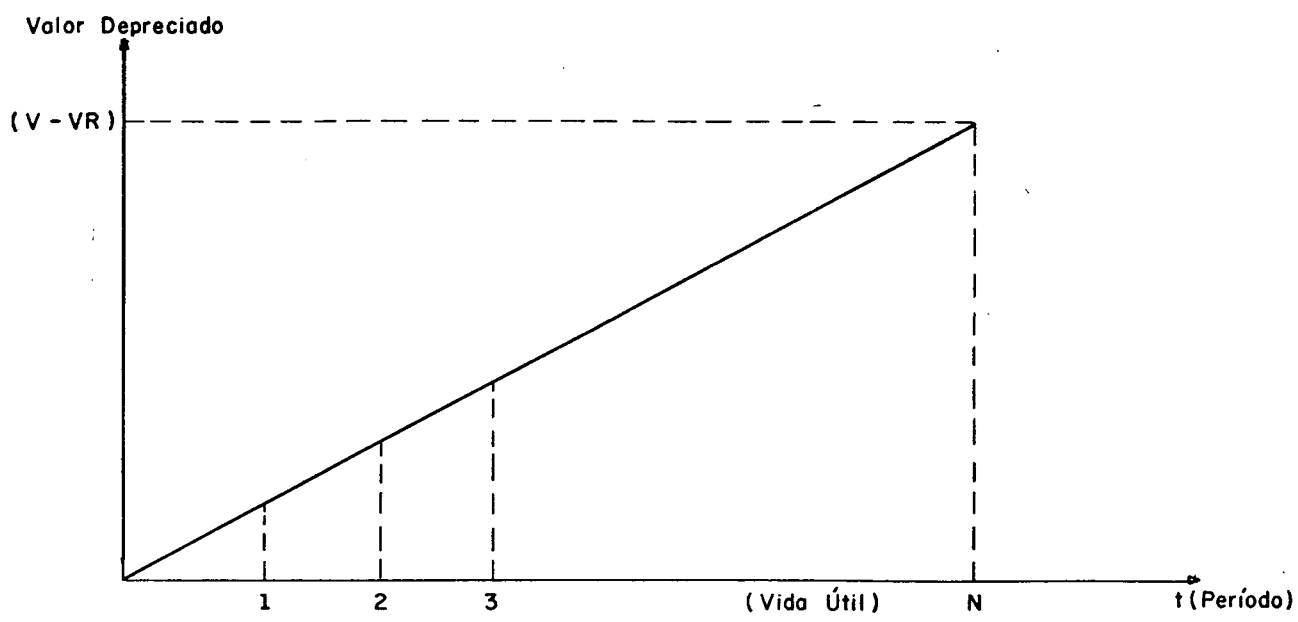


FIGURA 1 - Curva de depreciação linear

Este método apresenta dois problemas. O primeiro é o não cumprimento do objetivo básico do cálculo da depreciação, isto é; recuperar durante a vida útil do equipamento ( $n$  períodos), exatamente o valor investido na aquisição ( $V$ ).

Para verificar este fato, calcula-se o valor final, referente as  $n$  parcelas cobradas de valor  $d = (V - VR)/n$ , considerando uma taxa de valor  $i$  por período ( $0 < i < 1$ ).

Assim

$$\text{Valor final} = d (1+i)^{n-1} + d (1+i)^{n-2} + \dots + d (1+i) + d \quad (3)$$

isto é,

$$\text{Valor final} = d \sum_{k=0}^{n-1} (1+i)^k \quad (4)$$

Portanto,

$$\text{Valor final} = d \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (5)$$

ou

$$\text{Valor final} = \frac{V - VR}{n} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (6)$$

Assim, o valor recuperado (VRE) pode ser expresso como:

$$\text{VRE} = \text{Valor Final} + VR$$

ou ainda,

$$\text{VRE} = \frac{V - VR}{n} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] + VR \quad (7)$$

Como  $\frac{(1+i)^n - 1}{i} > n \forall i \in (0,1)$  e  $n$  inteiro  $> 1$ , vale que  $\text{VRE} > V$ .

Isso significa que o Método Linear recupera um valor superior ao investimento inicial (V).

O segundo problema refere-se à variação das parcelas ao longo do tempo. Na prática, a perda de valor comercial é muito grande nos primeiros anos de utilização e vai decrescendo com a idade do equipamento. Por isso, deve-se adotar metodologias que considerem parcelas decrescentes ao longo do tempo e, portanto, reflitam melhor a realidade prática.

O Método da Soma dos Dígitos [4], [18]

Este método considera parcelas de depreciação variáveis e decrescentes. Nele, as parcelas são calculadas como uma fração variável da quantidade  $(V - VR)$ , a qual segue uma lei de variação que é função da vida útil do equipamento e do período em questão.

Assim tem-se:

$$SD = \sum_{j=1}^n j = \frac{n(n+1)}{2} ; \quad (8)$$

onde

$n$  = número de períodos de vida útil;

e

$k$  = período considerado.

A parcela de depreciação do período  $k$  vale:

$$dk = \frac{n - k}{SD} \cdot (V - VR) \quad (9)$$

A lei decrescente  $\left[ \frac{n - k}{SD} \right]$  para  $k = 1, 2, \dots, n$  chamada de Soma dos Dígitos reflete, com boa aproximação, a perda real do

valor do equipamento. Embora seja de grande importância, ainda apresenta a mesma limitação que o Método Linear, isto é, o valor recuperado ao final da vida útil do equipamento supera o valor a depreciar (V- VR). A verificação desta afirmação é simples e resulta em calcular o valor final das n parcelas cobradas, considerando uma taxa i por período.

$$\text{Valor final} = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)}{SD} (V - VR) (1+i)^{n-k} \quad (10)$$

portanto

$$\text{Valor final} > \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)}{SD} (V - VR) = (V - VR) \quad (11)$$

ou seja

$$\text{Valor final} > (V - VR)$$

sendo

$$\text{VRE} = VR + \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)}{SD} (V - VR) (1+i)^{n-k} \quad (12)$$

resulta que

$$\text{VRE} > V$$

Conclui-se, então, que não é possível utilizar diretamente o Método da Soma dos Dígitos para o cálculo de depreciação e obtenção do valor correto de recuperação do capital, embora, no Capítulo III, com as modificações necessárias, ele poderá se apresentar como um método adequado.

### Método das Anuidades Constantes [12], [13]

Como seu nome indica, este método calcula parcelas de depreciação constantes por períodos; mas, como será analisado, ele apresenta uma grande vantagem com relação ao Método Linear estudado. Para conseguir isto, calcula-se o valor da parcela (d) de forma tal a obter ao final dos n períodos, com uma taxa i por período, o valor de aquisição menos o valor residual.

Isto é:

$$d (1+i)^{n-1} + d (1+i)^{n-2} + \dots + d (1+i) + d = V - VR \quad (13)$$

ou

$$d = (V - VR) \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (14)$$

Com estas considerações, o valor recuperado é:

$$VRE = V - VR + VR$$

ou

$$VRE = V \quad (15)$$

Usando-se este método atinge-se assim, ao objetivo principal do uso de qualquer método de depreciação. Porém, esta metodologia não será utilizada neste trabalho, dado que, a consideração de parcelas constantes não está de acordo com a realidade prática atual.

Além da análise particular dos três métodos, deve-se fazer algumas considerações gerais com relação aos dados utilizados para a aplicação de qualquer um deles. Estas considerações levam em conta diferenças encontradas entre dados teóricos (ex.: manuais de fabricantes) e valores reais regionais.



São dois os fatores mais importantes a considerar [19]:

vida útil: deve-se estimar valores que reflitam a realidade brasileira em dados teóricos (sendo estes últimos bem inferiores aos primeiros);

valor residual: deve-se considerar um valor compatível com o mercado, não devendo ser desprezado sob hipótese alguma.

#### 2.2.1.2 - Juros e/ou Remuneração

Quando uma empresa investe um determinado capital na aquisição de um bem, deve-se considerar a origem desse capital. Este poderá ser proveniente de duas origens:

1 - capital de terceiro

2 - capital próprio

No caso mais geral considera-se:

$V$  = capital total investido

$X$  = fração de capital de terceiro

$VX$  = capital de terceiro

$V(1-X)$  = capital próprio

A partir desta classificação, os juros serão calculados sobre o capital financiado usando a taxa fixada na operação de financiamento.

A remuneração ou o lucro obtido sobre o capital próprio, é calculada utilizando uma taxa que permita, simultaneamente, maximizar o lucro e inserir o produto ou serviço no mercado competitivo.

Nota-se aqui que as taxas de remuneração das empresas serão maiores que as oferecidas pelos títulos do mercado financeiro. Caso isto não ocorresse, o investimento na empresa, que é um investimento de risco, não deveria ser realizado.

Definidos os conceitos de juros e remuneração e a forma de serem aplicados, passa-se a analisar o caso particular dos equipamentos rodoviários.

Em geral a maioria dos métodos de cálculo utilizados na obtenção do Custo de Propriedade ([12], [4]) calculam as parcelas dos juros e ou remuneração de forma independente para cada equipamento.

O capital investido na compra de equipamentos, proveniente de empréstimos ou não, faz parte do ativo operacional da firma, logo, as parcelas referentes ao juros e a remuneração deverão então ser considerados sobre todo o capital e não de forma isolada [3].

No caso dos juros, a forma de cálculo deve considerar as condições de empréstimos realizado com a empresa financiadora.

Com relação à remuneração pode-se dizer que a política de lucro da empresa e as condições de mercado fixarão, em cada período, o tipo de cálculo a ser realizado.

### 2.2.1.3 - Seguros e Impostos

O seguro pago à companhia seguradora, seja através de um contrato particular ou do contrato de financiamento do equipamento deve ser considerado dentro dos Custos de Propriedade. Em geral o valor deste seguro é um percentual do valor de mercado do equipamento a cada ano.

O tipo de seguro mais comumente utilizado é o "seguro contra riscos diversos", seu valor oscila em torno de 2% do valor do equipamento. Esse valor pode aumentar quando o usuário deseja a atualização "a novo" do preço do equipamento no decorrer do ano [6].

Os impostos são cobrados no momento de aquisição do equipamento, isto é, imposto de circulação de mercadorias, imposto de produto industrializado e outros, devem ser acrescidos ao valor de compra. O valor resultante deve ser considerado como base para os cálculos de depreciação, manutenção e outros.

### 2.2.2 - Custo de Operação [19]

Os Custos de Operação (ou custos ativos) devem ser acrescentados ao Custo Horário Total, quando o equipamento se encontra efetivamente operando. Este custo considera todos os insumos necessários à operação e manutenção do equipamento bem como os serviços.

São considerados, para o cálculo do Custo de Operação, os consumos de lubrificantes, combustíveis, graxas, etc e serviços como: reparações, limpeza, manutenção preventiva, e outros. Também devem ser incluídos, neste item, salários - e respectivos encargos sociais - de mecânicos, operadores e todo o pessoal envolvido nas tarefas mencionadas.

Far-se-á uma análise em cada um dos componentes do Custo de Operação, utilizando-se metodologias existentes na literatura.

Baseado neste estudo se chegará, na análise apresentada no Capítulo III, a valores mais próximos da realidade nacional.

Considera-se o Custo de Operação composto por:

- Custo de Manutenção;
- Custo do Consumo de Materiais:
  - combustíveis;
  - lubrificantes e graxas;
  - filtros;

- Custo da Mão de Obra;
- Custo de Pneus;
- Custo de Material Rodante;
- Custo de Itens Especiais.

#### 2.2.2.1 - Manutenção [11]

O custo de manutenção é calculado através do valor de aquisição do equipamento, sendo geralmente o maior item individual dos custos operacionais. Considera-se como gastos de manutenção todas as peças e mão de obra (com seus respectivos encargos sociais), gastos de oficina, limpeza, pintura, lavagem, etc. É importante notar que peças de frequente reposição e custo elevado como: pneus, esteiras, ferramentas de penetração no solo, etc, devem ser excluídas desses gastos. Elas serão consideradas separadamente em pneus, material rodante e itens especiais.

Encontra-se na literatura diversos métodos que se ocupam do cálculo do Custo de Manutenção. Considerando as leis de variação desses custos ao longo da vida útil, é possível classificá-los em três grandes grupos:

- Método dos Gastos Constantes;
- Método dos Gastos Médios;
- Método dos Gastos Crescentes.

#### Método dos Gastos Constantes [10],[12],[21]

Dentro deste grupo, estão todos aqueles métodos que consideram o custo de manutenção como uma parcela constante ao longo da vida do equipamento, a qual é calculada como uma

percentagem do investimento inicial realizado (aquisição do equipamento).

O Custo Horário de Manutenção dos equipamentos pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$M = \frac{V}{n \times h} \times k \quad (16)$$

onde

M = Custo Horário de Manutenção

V = valor de aquisição do equipamento

n = vida útil em anos

h = horas trabalhadas por ano

k = coeficiente de proporcionalidade

Os valores do coeficiente de proporcionalidade encontram-se tabelados [12] e estão classificados somente pelo tipo de equipamento, não considerando o seu estado, a sua idade nem o seu tipo de trabalho (fatores estes que não deixam de influenciar nos Custos de Manutenção).

É claro que os custos de manutenção são maiores quanto maior é a idade do equipamento e, por conseguinte, deverá existir um fator que considere a sua idade. Com relação ao tipo de tarefa, deverão ser considerados custos maiores de manutenção, quando realizadas em condições de operação mais severas.

O fator, referente ao estado do equipamento, considera o tipo de atividade realizada anteriormente antes de iniciar uma nova tarefa.

Conclui-se, então, que os métodos deste grupo apresentam dois problemas fundamentais. O primeiro, de natureza conceitual, ao aceitar parcelas constantes do custo de manutenção ao longo da vida útil do equipamento. O segundo, refere-se a consideração do custo de manutenção como independente de fatores importantes como: idade, estado e tipo de tarefa.

#### Método dos Gastos Médios [4]

Este método, fornece uma solução mais realista com relação aos métodos do grupo anterior, pois, conceitualmente, considera a variação do custo de manutenção com relação à idade, ao estado do equipamento e ao tipo de tarefa. Considera também que os Custos Horários de Manutenção acompanham um tipo de curva crescente ao longo da vida útil do equipamento.

A proposta do método é de se obter um valor médio e constante dos custos de manutenção. Isto produzirá, no começo da vida útil, um fundo de reserva que será utilizado quando os custos superem o valor médio calculado.

Para considerar o estado do equipamento e o tipo de tarefa o método utiliza fatores corretivos dos valores obtidos pela média.

Os resultados aqui apresentados [4] foram obtidos através da combinação dos conceitos mencionados com os resultados práticos. Mesmo que a proposta deste método seja bem mais realista, ele ainda apresenta limitações. O valor médio recupera o valor real do custo de manutenção do ponto de vista do empreiteiro, mas isto implica em prejuízo daqueles locatários que utilizam o equipamento nos primeiros anos de vida útil, pagando valores acima do real.

Um outro fator, que não é levado em consideração neste método, refere-se às mudanças realizadas no tipo de operação no decorrer da vida útil do equipamento. Neste caso, os custos de manutenção são diferentes em cada período.

#### Método dos Gastos Crescentes [18]

Neste terceiro grupo, encontram-se classificados aqueles métodos que tentam acompanhar as variações do Custo de Manutenção

através de expressões matemáticas crescentes. Entre eles, o que mais se adapta à realidade do equipamento, é o Método da Soma Inversa dos Dígitos (SID) [4].

Conhecido o valor total do custos de manutenção (C), o método da SID calcula durante n períodos o valor do custo horário (CM):

$$CM = \frac{j}{SD} \times \frac{C}{\text{número horas por período}} ; \quad (17)$$

j = períodos

SD = soma dos dígitos

resultando um crescimento mais lento nos primeiros anos de vida útil e mais rápido nos últimos, fato este que melhor reflete a realidade.

O Custo Total de Manutenção ( $C = C_0.k$ ) é calculado a partir do valor de aquisição do equipamento menos os pneus ( $C_0$ ) (no caso de equipamentos de rodas), vezes um fator k que considera as condições de operação. Estes fatores consideram as tarefas classificadas em leves, normais e pesadas e são calculados de forma diferente para cada equipamento. Tabelas desse tipo podem ser analisadas em [18].

Em geral, esses fatores variam de 40 a 105% do valor de aquisição do equipamento [12].

Um problema importante desta metodologia está na impossibilidade do equipamento realizar diferentes tipos de tarefas durante sua vida útil. Isto significa que o método não considera o estado inicial do equipamento, que geralmente é utilizado em diferentes tipos de tarefas, antes de começar uma nova. É importante notar que nenhuma das metodologias analisadas consideram a vida útil como uma variável diretamente relacionada às condições de operação.

No Capítulo III a metodologia proposta combinará as diferentes vantagens de cada um dos métodos apresentados, de modo a obter valores de manutenção mais próximos da realidade prática

possível.

#### 2.2.2.2 - Custo do Consumo de Materiais

Este é o segundo item em importância no cálculo do Custo de Operação. Em geral, o custo horário ideal de materiais pode ser calculado através das tabelas de consumo dos fabricantes e dos preços dos materiais no mercado. Se estes consumos forem iguais aos valores reais, isto é, medidos na real utilização do equipamento, o cálculo seria muito simples. Como geralmente isto não acontece, é necessário criar uma série de fatores corretivos para a obtenção de resultados adequados.

Existem, na literatura, diversas metodologias que serão analisadas considerando-se a seguinte subdivisão dos insumos:

- combustíveis;
- óleos lubrificantes, graxas e filtros.

##### a) Combustíveis

Dentro das diversas metodologias para o cálculo deste custo, é possível fazer-se uma classificação em dois grandes grupos. Esta classificação é feita segundo os fatores considerados por cada uma das metodologias. Estes fatores são:

- potência do motor do equipamento (HP);
- tipo e modelo de equipamento;
- tipo de tarefa realizada ou fator de carga.

No primeiro grupo, encontram-se aquelas metodologias que calculam o consumo de materiais a partir de uma expressão que



é função, unicamente, da potência do motor [12].

Isto é:

$$\text{Consumo} = F \times n^{\circ} \text{ HP}_{\text{motor}} \times n^{\circ} \text{ horas trabalhadas} \quad (18)$$

com

$F \left[ \frac{1}{\text{HP}\cdot\text{h}} \right]$  = fator de consumo em  $n^{\circ}$  de litros por HP e hora

É claro que o uso desta metodologia leva a valores muito afastados da realidade prática, pois equipamentos diferentes (tipo e modelo) de igual potência do motor, têm consumos diferentes devido a desigualdade entre os pesos e/ou as relações de transmissão.

O resultado obtido com esta metodologia pode ser ainda mais prejudicado se os fatores de consumo  $F[1/\text{HP}\cdot\text{h}]$  não forem estimados adequadamente. Neste caso, os resultados não refletiriam nem sequer valores médios de consumo.

Ainda neste mesmo grupo, existem outras abordagens [21], [10] que consideram o tipo e modelo do equipamento, gerando uma tabela de fatores F que permitem obter valores mais aproximados da realidade.

Assim, tem-se a seguinte tabela:

TABELA 1 - Fatores do consumo de combustível

Tipo de Equipamento	Modelo	Fator de consumo l/h
Trator	D8	X
	D10	Y
⋮	⋮	⋮

Mesmo com a melhoria mencionada, os resultados não podem refletir mais do que valores médios aproximados por equipamento.

Num segundo grupo, encontram-se aquelas metodologias que consideram um terceiro fator (fator de carga ou tipo de tarefa) para um cálculo mais próximo do consumo real. Os procedimentos mais simplificados não se preocupam em fazer tabelas, diferenciando tipo e modelo de equipamento, somente calculando-se o consumo através da seguinte relação:

$$\text{Consumo} = F_1 \times \text{Fator de consumo} \frac{[\text{l}/\text{HP}\cdot\text{h}]}{\text{h} \times \text{HP}} \times n^{\circ} \text{ horas} \times n^{\circ} \text{ HP}_{\text{motor}} \quad (19)$$

onde  $F_1$  é o fator de carga e pode variar entre 0,5 e 0,8 dependendo do tipo de tarefa.

Já métodos mais precisos [4], [18] preocupam-se em aplicar ao consumo, de cada tipo e modelo de equipamento, um fator que considere o tipo de tarefa realizada.

Assim através da tabela:

TABELA 2 - Consumo de combustível

Tipo de Equipamento	Modelo	Consumo Base(l/h)	Fator de Carga	Consumo Real(l/h)	Numero horas	Consumo(l)
Trator	D10	50	1,0	50	100	5000
			0,8	40		
			0,5	25		

ou mediante a seguinte equação:

$$\text{Consumo} = \text{Consumo Base(l/h)} \times \text{Fator de Carga} \times n^{\circ} \text{ Horas} \quad (20)$$

observe que estes valores podem ser encontrados somente tabelando os consumos bases para cada tipo de equipamento, modelo e os diversos fatores de carga. Deve-se ainda notar que os fatores de carga são, na prática, diferentes para cada equipamento. Sendo assim, é necessário calcular os fatores para cada tipo e modelo [4].

Mesmo possuindo o fator de carga, o tipo e o modelo do equipamento, o resultado real de consumo pode afastar-se do cálculo realizado. Isto porque nenhuma das metodologias existentes leva em conta o cálculo de um fator que considere o número de horas de vida trabalhada do equipamento. A prática indica que o consumo de combustível tende a crescer após um certo período de utilização.

Este fator será considerado e analisado no Capítulo III.

#### b) Óleos Lubrificantes, Graxas e Filtros

Para o cálculo dos consumos dos óleos lubrificantes, das graxas e dos filtros, existem diversas metodologias que podem ser classificadas segundo determinados fatores. Nos manuais dos fabricantes de equipamento são recomendados os períodos de lubrificação, troca de óleo e filtros. Se o equipamento se encontra em perfeito estado, os consumos reais estão de acordo com os encontrados nos manuais, porém dependerão, logicamente, do tipo de tarefa realizada. O cálculo do custo deve ser feito então, considerando-se cada equipamento individualmente e seu tipo de operação.

Fazendo-se uma análise das diversas metodologias propostas na literatura encontram-se, num primeiro grupo, aquelas

que utilizam para o cálculo do custo, os períodos de troca dos fabricantes ajustados em uma certa percentagem, devido ao consumo entre cada troca [4], [10], [12].

O fator de consumo para lubrificantes e graxas é dado por:

$$FC = \frac{\text{Litro(coukg) da Troca}}{\text{Intervalo de Troca em Horas}} + \text{Fator Corretivo} \quad (21)$$

Este cálculo pode ser feito para cada equipamento separadamente [10], [21] ou apenas em função da potência do motor [12]. Dado que as condições de operação modificam consideravelmente os períodos de troca; os resultados destas abordagens apresentam grandes diferenças com os resultados reais práticos [4].

Já para os filtros, estes métodos utilizam valores fixos em relação percentual com o custo de óleo lubrificante, o que também se traduz em grandes diferenças com a realidade prática. Para notar isso, analisa-se um simples exemplo: Um equipamento, que possui filtros de ar e de óleo, e trabalha em ambiente de muita poeira, deverá ter trocado, mais frequentemente, o filtro de ar (independente da troca de lubrificantes e filtro de óleo) quando comparado a outro que trabalha em ambientes sem poeira.

No segundo grupo, estão as metodologias que fixam os custos dependendo, não somente da potência e do tipo de equipamento, como também, das condições de trabalho.

Em alguns destes métodos, o consumo dos óleos, graxas e filtros é fixado ao consumo do combustível mediante uma percentagem que varia com o tipo de tarefa [18]. Esta metodologia poderia apresentar bons resultados se aqueles fatores fossem adequadamente estimados e sua aplicação geral, o que não acontece na prática porque às variações no consumo de combustível não influenciam as de óleo lubrificante em igual medida.

Em outros, os custos com lubrificantes são fixados segundo a potência e condição de trabalho, mas nem todos consideram tipo e modelo do equipamento [9]. Esta falta leva a obter diferenças de cálculo mesmo com valores teóricos, dado que equipamentos de igual potência podem utilizar diferentes jogos de filtros, assim como, diferentes quantidades de lubrificantes ou período de troca.

Num terceiro grupo encontram-se as metodologias mais complexas, aquelas que consideram a maioria dos fatores que realmente influenciam nos consumos práticos [4]. Neste caso o consumo é calculado individualmente para cada equipamento e são detalhadas as diferentes partes do mesmo (segundo os manuais de fabricantes) como mostra a tabela a seguir:

TABELA 3 - Consumo de lubrificantes e graxas

Modelo e Tipo	Cárter	Transmissão	Comando Final	Sistema Hiraúlico	Graxas

As condições de operação são consideradas através de fatores corretivos. Esta metodologia recomenda corrigir-se através do fator de 25% o consumo de lubrificantes e graxas quando o equipamento estiver trabalhado em regiões de muita poeira, lama ou água.

Também para os filtros a especificação de troca é detalhada dependendo do tipo de filtro e do modelo do equipamento

TABELA 4 - Consumo de filtros

Tipo de Filtro	Período de Troca	Fator pelo Tipo de Equipamento
IS9ISO	1000h	0,32/D10

Em qualquer dos grupos mencionados o valor do custo horário é obtido mediante o produto do consumo/hora vezes o preço unitário do produto. Nas técnicas mais complexas a equação resulta num somatório de consumos vezes preços unitários, isto é:

$$C(\$ / h) = \sum_{i=1}^n FC_i(1/h) \times \text{Preço}(\$ / l) + \sum_{j=1}^m FF_j(1/h) \times \text{Preço}_j \quad (22)$$

onde

$FC_i(1/h)$  = fator de consumo em l/h de óleo lubrificante ou graxa em kg/h ou graxa em kg/h

$FF_j(1/h)$  = fator de consumo de filtros em unidades por hora.

Assim como no cálculo de consumo de combustíveis a quantidade de horas trabalhadas com o equipamento resulta em um fator de influência nos consumos de óleos lubrificantes. Quando o consumo ultrapassa os limites máximos considerados no cálculo padrão deve-se fazer uma troca de peças e/ou uma manutenção corretiva para levar os consumos a valores normais (por ex.: retífica do motor). Pode-se, então, considerar os consumos de lubrificantes nas faixas da tabela 4.

Tendo em conta toda as especificações detalhadas no terceiro grupo de metodologias é possível obter resultados bem próximos da realidade prática. É preciso mencionar um detalhe importante: o fator corretivo por tipo de tarefa deverá ser individualizado para o tipo de óleo lubrificante e o tipo de filtro, obtendo-se assim, um resultado ainda mais real.

No Capítulo III este aspecto é analisado e propõe-se uma modificação a esta metodologia.

### 2.2.2.3 - Pneus

Devido a seu alto custo e diferente vida útil das outras partes do equipamento, eles não devem ser considerados dentro dos gastos de manutenção como é feito em algumas metodologias [12], [10], mas sim integrantes do custo de operação do equipamento com rodas [4], [18], [21].

Para realizar um cálculo adequado é necessário conhecer-se o período de vida útil dos mesmos e o preço pago na hora da reposição. A vida útil do pneu pode ser calculada a partir de informações coletadas nas condições reais de operação do equipamento, entretanto, quando estas informações não são acessíveis, é necessário recorrer às tabelas fornecidas pelos fabricantes de equipamento.

Existem várias metodologias para isso. Os métodos mais simples [21] somente corrigem o valor médio fornecido pelo fabricante mediante um fator fixo e independente do tipo de operação. Já em métodos mais complexos [18] este fator é função do tipo de operação e é considerado uma parcela para manutenção dos mesmos. A tabela gerada é do tipo:

TABELA 5 - Vida útil de pneus

Tipo e Modelo de Equipamento	Condições de Trabalho		
	Leve	Normal	Pesada
TC480	X	Y	Z

onde X, Y e Z são os períodos de vida útil em horas

$$\text{Custo/h} = \frac{\text{Custo de Reposição} \times 1,15}{\text{vida útil (h)}} \quad (23)$$

onde 1,15 é o fator de manutenção.

A principal limitação desta metodologia é a não classificação da vida útil segundo o tipo de pneu utilizado, fator este de fundamental importância para se obter um resultado mais real.

Numa terceira metodologia os fatores corretivos são calculados para diversas e específicas condições de operação [4] e para um determinado tipo de equipamento.

Dependendo das condições de uso, são fornecidas tabelas com índices ou fatores de correção da vida útil do pneu. Assim, conhecido o valor médio da vida básica dos pneus e os fatores encontrados nas tabelas, é possível calcular um valor estimado da vida útil fazendo-se:

$$VU = VBF \times f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \dots f_i \quad (24)$$

onde

VU = vida útil estimada do tipo de pneu especificado;  
 VBF = média da vida básica fornecida pelos fabricantes em questão;  
 $f_1, f_2, \dots, f_i$  = são fatores corretivos, segundo tipo de terreno, inclinação, velocidade, etc [4].

Uma vez obtido o valor da vida útil estimada, é calculado o Custo Horário dos Pneus pela seguinte expressão:

$$\text{Custo/h} = \frac{\text{Custo de Reposição}}{\text{vida útil estimada}} \quad (25)$$



Com um ajuste adequado dos fatores  $f_i$ , este método pode fornecer resultados bem próximos dos reais. O mesmo, então, será adotado na metodologia proposta neste trabalho como base para o cálculo do Custo de Pneus.

#### 2.2.2.4 - Material Rodante - Esteiras

Ao contrário do que acontece com os pneus a maioria dos métodos existentes na literatura não consideram o material rodante como um item separado, mas como parte integrante da manutenção geral do equipamento [9],[10], [12], [21]. Já em outras metodologias [4], [18] ele é considerado como um dos itens dentro dos Custos de Operação.

O motivo fundamental pela qual as esteiras devem ser consideradas dentro dos Custos de Operação e não como parte do Custo de Manutenção, é que o desgaste produzido nelas é, na maioria dos casos, bem diferente das outras peças que compõem o equipamento. Isto é, em condições leves de carga, a abrasividade do terreno poderá produzir grandes desgastes nas esteiras.

Para calcular o Custo Horário deste material rodante, é preciso analisar as diversas condições que alteram a sua vida útil [4].

Existem três condições fundamentais:

##### Impacto - Abrasividade - Fator Z

O impacto (I) considera as condições do terreno que produzem, sobre as esteiras, esforços estruturais (isto é, flexão, desintegração, deformação, etc).

A abrasividade (A) considera o ataque do solo às peças ou superfícies de desgaste das mesmas. Deve-se ter em conta que ambos atuam simultaneamente, e que, em geral, o efeito simultâneo pode

ser mais prejudicial para o equipamento do que a soma dos anteriores atuando isoladamente.

O fator Z (Z) se relaciona diretamente com o meio ambiente, a operação e a manutenção do equipamento.

Obtidos os valores para impacto, abrasividade e fator Z, obtem-se o Custo Horário da Esteira pela seguinte expressão:

$$\text{Custo/h} = \text{Fator Básico (I + A + Z)} \quad (26)$$

onde

Fator Básico = Custo Horário Básico dado pelo fabricante  
(preço/número de horas de utilização);

Obtido o valor do Custo Horário, considera-se de maneira simplificada que, aproximadamente, 70% e 30% desse valor corresponde, respectivamente, ao custo de peças e de mão de obra [4].

#### 2.2.2.5 - Itens Especiais

Como Itens Especiais são considerados todas aquelas peças de alto desgaste dos equipamentos, como: bordas cortantes, pontas de ríper, dentes de caçambas, cantos de guia, etc. Seu elevado valor de reposição e sua baixa vida útil justificam o cálculo independente do custo de manutenção.

Não existe muita informação na literatura sobre o tratamento independente destes itens. A metodologia mais acertada [4] consiste na utilização de tabelas de vida útil média para cada tipo de tarefa específica, dado que existem grandes variações de uma tarefa para outra.

Além da vida útil da peça isoladamente, deve-se levar em conta o tempo real utilizado no total de horas de trabalho.

São, então, apresentadas tabelas do tipo:

TABELA 6 - Vida útil dos itens especiais

Peça	Tipo de Tarefa	Fator de Utilização	Vida Útil Isolada	Vida Útil Real
x	média	20%	60h	300h

Os valores fornecidos pelos fabricantes sobre a vida média e fatores de utilização permitem calcular:

$$\text{Custo/h} = \frac{\text{Custo de Reposição da Peça}}{\text{Vida Útil Real}} \quad (27)$$

ou

$$\text{Custo/h} = \text{Custo da Peça} \times \frac{\text{Fator de Utilização}}{\text{Vida Útil Isolada}} \quad (28)$$

valores estes que refletem bem a realidade prática.

#### 2.2.2.6 - Mão de Obra

O Custo de Mão de Obra corresponde ao Custo Horário do Operador será baseado nos índices locais incluindo os encargos e benefícios sociais.

### 2.3 - Produção dos Equipamentos

A determinação das produções das equipes mecânicas utilizadas na construção rodoviária é de vital importância para a obtenção dos custos totais. É por isso que a implementação de um método eficiente, isto é, que obtenha resultados próximos à realidade e que exija um mínimo de tempo utilizado para medições, se apresenta como o mais indicado.

Atualmente, a maioria das metodologias [4], [12] usam para o cálculo da produtividade, tabelas de rendimentos dada pelos fabricantes. Estes cálculos se baseiam nas medições globais dos trabalhos realizados e por isso não permitem ter informações do que acontece no período trabalhado, isto é, os valores médios obtidos podem ser pouco representativos do rendimento do equipamento.

Conhecidas as equações que permitem o cálculo da produção de cada equipamento, o método utilizado pelo DNER consiste em montar uma tabela como na figura 2. Nela são identificadas as variáveis intervenientes no cálculo da produção (mediante a nomenclatura da lista de referência da tabela) e montadas as fórmulas formais de cálculo correspondentes a cada equipamento. Na figura 2 pode-se apreciar o cálculo da produção para um motoescraper de 300HP. Observe que todos os valores utilizados são obtidos como se o equipamento atuasse de igual forma no período total como no pequeno período de tempo computado.

Além do problema particular de cálculo do rendimento de cada equipamento, surge o problema da determinação dos coeficientes de eficiência. Estes últimos não poderão ser utilizados de forma generalizada, isto é, para cada região, dependendo das condições geográficas, climáticas etc, deverão ser calculados diferentes valores. O cálculo feito pelo método analisado não permite obter suficiente informação para a determinação daqueles coeficientes.

Tendo em conta os inconvenientes do método atualmente em

utilização ,propõe-se no Capítulo III uma alternativa de cálculo que permita obter resultados bem mais próximos da realidade e com menos esforço na determinação.

DNER		PRODUÇÕES DAS EQUIPES MECÂNICAS				
RODOVIA:						
CÓDIGO	SERVIÇO: ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1.ª CATEGORIA COM MOTO-ESCAVO-TRANSPORTADOR COM DM = 500 M	UNIDADE				UNIDADE
4.0.206						m³/h
L	VARIÁVEIS INTERVENIENTES	UNIDADE	EQUIPAMENTOS			
			Mot-Esc. Transp. 300 HP	Trator Push 270 HP	Moto-Niveladora 115 HP	
a	Afastamento					
b	Capacidade	m³	15	15	—	
c	Consumo (Quantidade)				—	
d	Distância	m	500	—	—	
e	Espaçamento					
f	Espessura		—	—	0,20	
g	Fator de Carga		0,95	0,95	—	
h	Fator de Conversão		0,77	0,77	—	
i	Fator de Eficiência		0,75	0,75	0,75	
j	Largura de Operação	m	—	—	3,66	
k	Larg. de Superposição	m	—	—	0,20	
l	Largura de Uilh.	m	—	—	3,46	
m	Número de Passadas		—	—	12	
n	Profundidade					
p	Tempo (Fixo) Carga, Desc. e Man.	min	1,30	0,95	—	
q	Tempo de Perc. (Ida)	min	1,77	0,32	—	
r	Tempo de Retorno	min	1,16	1,10	—	
s	Tempo Total de Ciclo	min	4,23	1,37	—	
t	Veloc. (Ida) Média	m/min	—	—	140	
u	Veloc. de Retorno					
OBSERVAÇÕES			FÓRMULAS			
			$P_1 = \frac{60 \times D \times G \times H \times I}{S}$	$P_2 = \frac{80 \times D \times G \times H \times I}{S}$	$P_3 = \frac{60 \times Y \times X \times I \times T}{E}$	
PRODUÇÃO HORÁRIA			117	360	360	
NÚMERO DE UNIDADES			3	1	1	
UTILIZAÇÃO	PRODUTIVA		3	1	1	
	IMPRODUTIVA		0	0	0	
PRODUÇÃO DA EQUIPE			350	—	—	

FIGURA 2 - Produção de uma motoescraper de 300 HP

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGIA PROPOSTA

#### 3.1 - Introdução

Neste capítulo é proposta uma nova metodologia para o cálculo do Custo Horário Produtivo dos Equipamentos Rodoviários visando obter valores de custos e produtividade mais próximos à realidade.

No Custo de Utilização são estabelecidas importantes modificações sobre as técnicas existentes que permitem obter resultados mais reais. Já no cálculo de produtividade, a utilização da técnica das Observações Instantâneas permite a obtenção de resultados bem mais exatos, assim como, a diminuição do tempo de medição em campo.

#### 3.2 - Custo de Utilização do Equipamento

##### 3.2.1 - Custo de Propriedade

##### 3.2.1.1 - Depreciação

Tendo visto as técnicas para o cálculo das parcelas de depreciação, as considerações obtidas daquela análise podem resumir-se nas seguintes propriedades:

- 1) As parcelas de depreciação do equipamento (d) devem

ser maiores nos primeiros períodos de vida do equipamento do que nos últimos. É necessária a utilização de uma lei decrescente para as mencionadas parcelas. O Método das Soma dos Dígitos apresenta uma variação ao longo do tempo que reflete com boa aproximação a perda de valor real do equipamento, e por isso, é usada como base para o cálculo desta proposta.

2) Considera-se que o objetivo principal da depreciação é obter, ao final dos N períodos de vida útil do equipamento, o valor pago pelo equipamento novo ( $V_0$ ), menos o seu valor residual (VR).

3) Será considerada uma taxa de juros  $i$  por período.

Baseando-se nestas hipóteses propõe-se utilizar uma lei de Soma dos Dígitos modificada de forma a manter suas características de variação (adequada a realidade prática), mas alterando o valor final das parcelas cobradas para que o valor real recuperado coincida com ( $V - VR$ ).

Assim no Método da Soma dos Dígitos temos a parcela

$$d_j = \frac{1}{SD} \times (V - VR) (N - j) \quad (29)$$

onde

$N$  = número de períodos de vida útil

$j$  = período em questão

$$SD = \frac{N(N-1)}{2}$$

ou graficamente

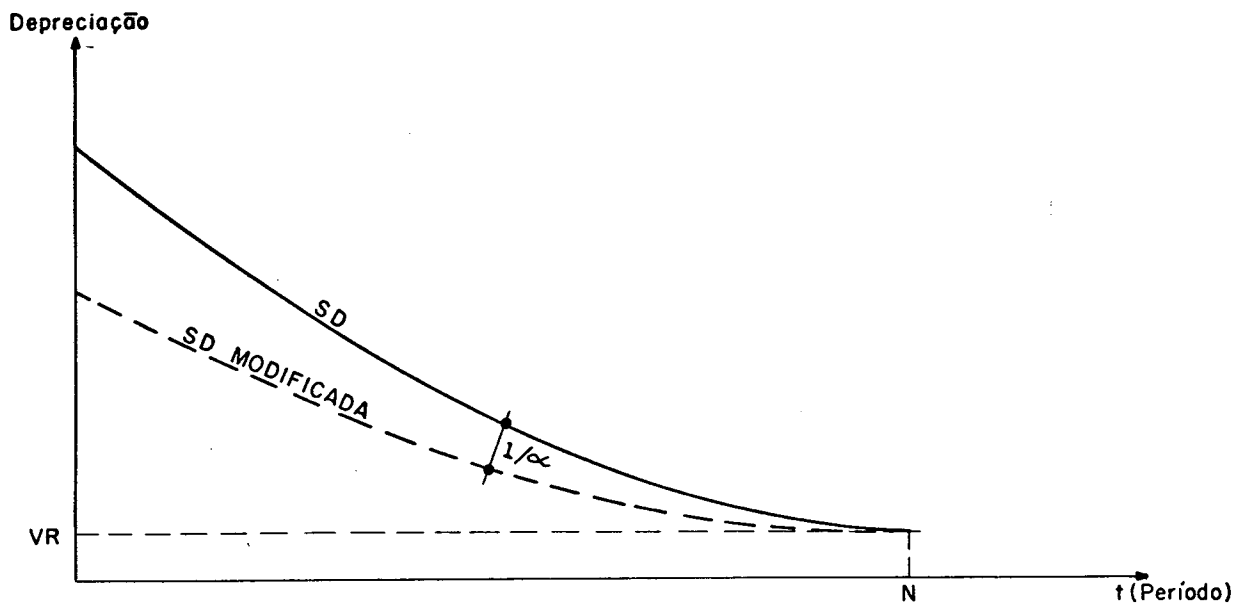


FIGURA 3 - Curvas de depreciação. Soma dos dígitos e soma dos dígitos modificada.

Realiza-se uma alteração nas parcelas tal que:

$$dj' = \frac{dj}{\alpha} \quad \alpha = \text{fator corretivo} \quad (30)$$

e  $\alpha$  é calculado para que o valor final (VF)

$$VF = d'_0(1+i)^{N-1} + d'_1(1+i)^{N-2} + \dots + d'_{N-2}(1+i) + d'_{N-1} \quad (31)$$

ou



$$VF = \sum_{j=0}^{N-1} d_j (1+i)^{N-1-j} \quad (32)$$

seja igual ao valor a recuperar  $V - VR$

Assim

$$VF = V - VR \quad (33)$$

ou

$$V - VR = \sum_{j=0}^{N-1} \frac{V - VR}{SD} \times \frac{N-j}{\alpha} (1+i)^{N-1-j} \quad (34)$$

Obtendo-se

$$\alpha = \frac{1}{SD} \sum_{j=0}^{N-1} (N-j) (1+i)^{N-1-j} \quad (35)$$

e desde que

$$(N-j)(1+i)^{N-1-j} = \frac{d}{di} \left[ (1+i)^{N-j} \right] \quad (36)$$

bem como pelo fato de que a derivada comuta com a somatória, tem-se:

$$\alpha = \frac{1}{SD} \frac{d}{di} \left[ \sum_{j=0}^{N-1} (1+i)^{N-j} \right] = \frac{1}{SD} \frac{d}{di} \left[ \frac{(1+i)^N - 1}{i} (1+i) \right] \quad (37)$$

Derivando com relação a "i", tem-se:

$$\alpha = \frac{1}{SD} \left[ \frac{(1+i)^N [Ni - 1] + 1}{i^2} \right] \quad (38)$$

e como  $SD = \frac{N(N+1)}{2}$ , resulta que:

$$\alpha = \frac{2[(1+i)^N (Ni-1) + 1]}{N(N+1)i^2} \quad (39)$$

Como o valor de  $\alpha$  deve ser calculado somente uma vez, após conhecidos os valores de  $N$  e  $i$ , a simplicidade do Método da Soma dos Dígitos é mantida.

Com esta modificação o método resultante, que se chamará de Soma dos Dígitos Modificada, apresenta as duas características fundamentais de todo o método de depreciação mencionadas nos itens 1 e 2.

A vida útil do equipamento está sujeita a variação dependendo do tipo de tarefa a realizar. Assim um mesmo equipamento terá vida útil mais longa quanto mais leve sejam as tarefas a realizar. Como os fabricantes de equipamento fornecem tabelas com a vida útil em horas para cada tarefa, sempre que o equipamento realize o mesmo tipo de tarefa (leve, normal ou pesada) durante o total de sua vida útil, o cálculo das parcelas  $d_j$  se limita somente a ajustar o valor de  $N$ . Mas se na metade de sua vida útil o equipamento passa a trabalhar em outro tipo de tarefa, somente uma lei da Soma dos Dígitos Modificada não poderá calcular adequadamente os valores das parcelas  $d_j$ .

Nos casos onde exista combinação de tipo de tarefa ao longo da vida útil, deverão ser combinadas as curvas para os diferentes  $N$  de modo a obter a curva de depreciação real.

Considera-se, então, para um dado equipamento três vidas úteis:

NL = número de períodos de vida útil em trabalho leve  
 NN = " " " " normal  
 NP = " " " " pesado

cada um gerará uma curva de depreciação.

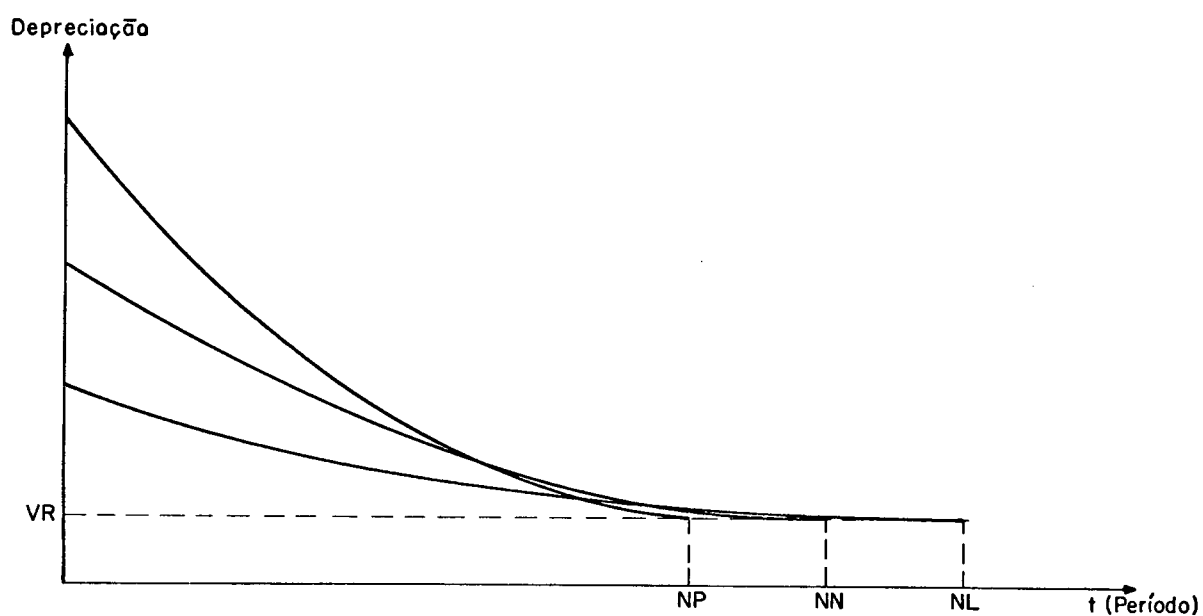


FIGURA 4 - Curva de depreciação para os diferentes tipos de tarefas

Isto permite gerar equivalência de períodos de trabalho, ou seja:

$k$  períodos de trabalho leve  $\rightarrow \frac{N_P}{N_L}$   $k$  períodos de trabalho pesado

$k$  períodos de trabalho leve  $\rightarrow \frac{N_N}{N_L}$   $k$  períodos de trabalho normal

e assim sucessivamente.

Dado que as relações  $\frac{N_P}{N_L}$ ,  $\frac{N_P}{N_N}$ ,  $\frac{N_N}{N_P}$  não são em geral inteiras, cria-se aqui, um problema de aproximação que está presente em todo processo de discretização de curvas. Como é sabido, a perda de valor de um equipamento se produz em forma contínua (hora a hora), mas por razões práticas deve ser escolhido um certo período de tempo para arbitrar-se essas mudanças de valor, isto é, substituir uma curva contínua por uma escalonária.

Neste processo devem-se considerar dois aspectos opostos. Não escolher períodos de tempo muito curto, pois a discretização perderia seu objetivo prático e nem muito longo para não causar aproximações grosseiras ao considerar um determinado número inteiro de períodos.

Para a obtenção do número de horas do período fixa-se uma taxa máxima de erro no procedimento de discretização.

Suponha-se que:

- (i) o processo real é "contínuo" (hora a hora);
- (ii) a taxa máxima de erro na discretização é de 1%;
- (iii) a vida útil média entre os equipamentos é de 12000 horas a 2000 horas/ano [4];

Nota-se que o erro máximo no processo ocorre no cálculo da primeira parcela, já que, é nessa etapa onde a curva varia mais rapidamente.

Chamando  $N_z$  ao número de horas do período do processo discreto, calcula-se o valor depreciado durante as primeiras  $N_z$  horas, como:

a) no processo "contínuo"

$$DC = \frac{V - VR}{SD_1 \alpha_1} \sum_{j=0}^{N_z-1} (N_1 - j) (1 + i_1)^{N_z-1-j} \quad (40)$$

b) no processo discreto

$$Dd = \frac{V - VR}{SD_2 \alpha_2} (N_1 / N_z) \quad (41)$$

onde

$N_1$  = número de horas de vida útil (12000)

$i_1$  = taxa horária correspondente a 12%aa.

Para que o erro seja menor que 1% deve-se verificar:

$$e = \left| \frac{Dd - Dc}{Dc} \right| < 0,01 \quad (42)$$

Resolvendo a inequação acima para  $N_z$  inteiro e múltiplo de 100, obtem-se  $N_z = 600$  horas e  $e = 0,97\%$ .

Como os valores de vida útil dos equipamentos são sempre dados como múltiplos de 1000 horas, escolhe-se como solução mais prática  $N_z = 500$  horas ( $e = 0,82\%$ ) ao invés de  $N_z = 600$  horas.

A partir desta consideração é possível analisar-se a

variação nas curvas de depreciação para mudanças no tipo de trabalho.

Supondo que um equipamento trabalhou  $k_L$  períodos em tarefas leves e passará a trabalhar em pesado até o fim de sua vida útil, o cálculo das parcelas para acompanhar a curva da figura 5 é o seguinte:

a) até o período  $k_L$  as parcelas  $d_j$  são calculadas normalmente, considerando o número de períodos de vida útil  $N_L$ ;

$$b) \text{ calcula-se } k_P = I \left[ k_L \frac{N_P}{N_L} \right] < k_L, \quad (43)$$

onde  $I(.)$  = função inteiro mais próximo;

c) o equipamento terá como total de períodos de vida útil o valor:

$$k_L + N_P - k_P = V_{UREAL} \quad (44)$$

d) se é desprezado o erro na aproximação dos períodos ao fazer  $k_P = I \left[ k_L \frac{N_P}{N_L} \right]$  o resultado da vida útil combinada verifica:

$$\frac{k_L}{N_L} + \frac{N_P - k_P}{N_P} = 1 \quad (45)$$

- e) as parcelas de depreciação a partir do período  $kP+1$  serão calculadas com a lei da Soma dos Dígitos Modificada para  $N = N_P$ , mas corrigida por um fator  $\beta$ . Isto é:

$$d'_j = \frac{1}{\alpha_P} \frac{N_P - j}{SDP} (V - VR) \beta \quad (46)$$

onde  $\beta$  é calculado da equação:

$$\beta = \frac{\sum_{j=kL+1}^{NL-1} \frac{(NL - j)}{SDL} \frac{(V + VR)}{\alpha_L} (1+i)^{NL-1-j}}{\sum_{j=kP+1}^{NP-1} \frac{(N_P - j)}{SDP} \frac{(V + VR)}{\alpha_P} (1+i)^{NP-1-j}} \quad (47)$$

O que assegura que o valor depreciado total seja o correto, isto é, a soma das depreciações nas diferentes tarefas referidas ao tempo final é  $(V - VR)$ .

O cálculo de  $\beta$  pode ser feito de igual forma que o de  $\alpha$ .

Graficamente o procedimento pode ser visualizado como:

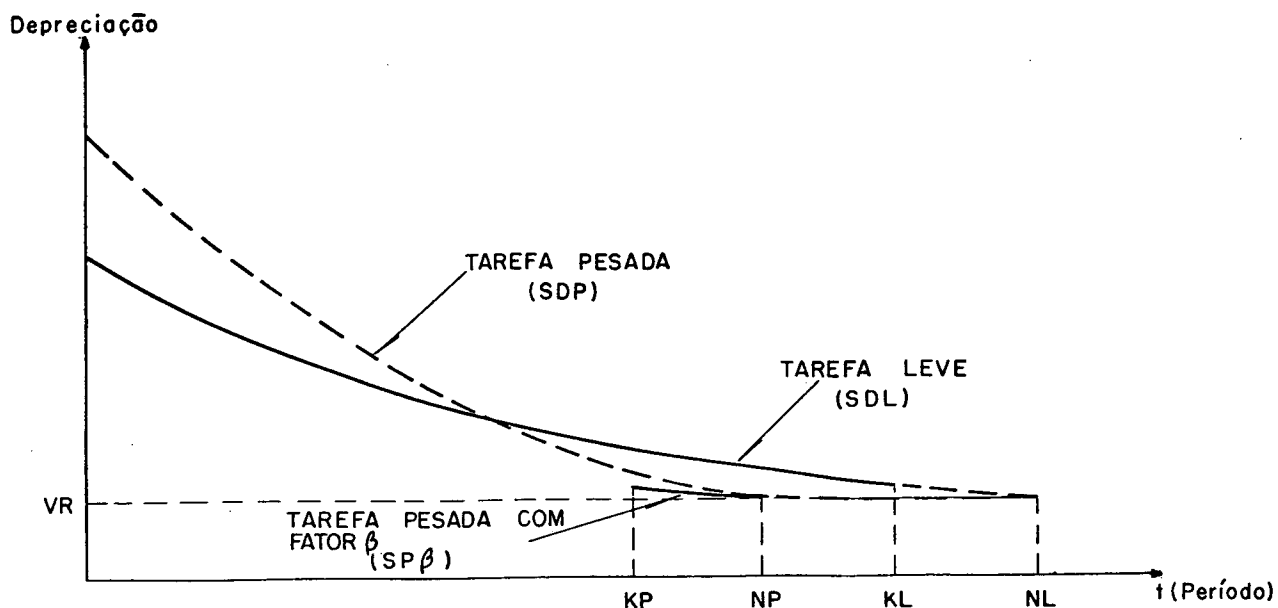


FIGURA 5 - Curva de depreciação resultante.  
Combinação das tarefas leve e pesada.

É claro que se o equipamento realiza mais de dois tipos de tarefas, será necessário combinar mais curvas, mas conceitualmente o processo é o mesmo.

### 3.2.2 - Custos de Operação

#### 3.2.2.1 - Custos de Manutenção

Os métodos existentes para o cálculo da manutenção dos equipamentos apresentam diversas limitações. Eles não refletem com a desejada exatidão o que acontece realmente com os equipamentos e os erros cometidos resultam em prejuízos para as empresas alocadoras ou para as locatárias.



A proposta que será apresentada baseia-se fundamentalmente em aceitar-se que a substituição de peças e reparações de um equipamento, num certo período, esteja sujeitas aos seguintes fatores:

- estado do equipamento no início do período;
- condições de operação as quais será submetido nesse período;
- quantidade de horas do total da vida útil já trabalhadas;

É claro também que os fatores mencionados estão interrelacionados e não podem ser levados em conta isoladamente. (por exemplo: dois equipamentos de igual ano de fabricação e com igual quantidade de horas de trabalho, poderão ter diferentes estado de conservação devido as diferentes condições de operação naquelas horas).

O método da Soma Inversa dos Dígitos pode adaptar-se bem às variações do custo de manutenção ao longo da vida útil do equipamento, considerando que todas essas horas de vida sejam trabalhadas sob as mesmas condições de operação.

Assim tem-se uma curva como mostra a figura 6:

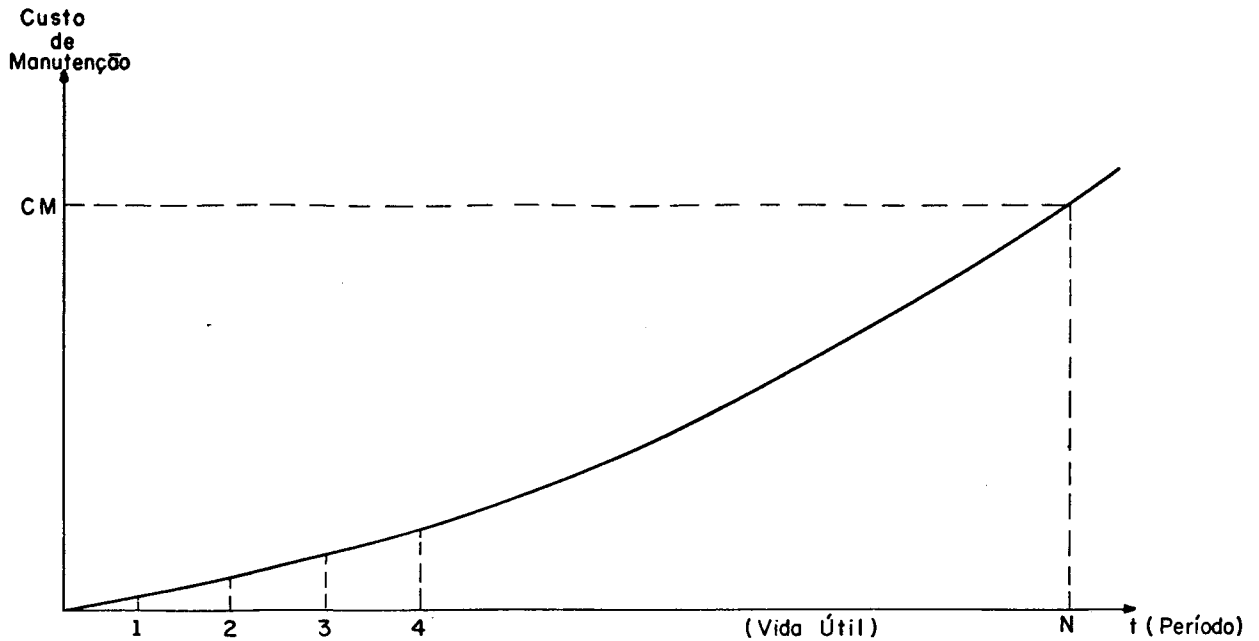


FIGURA 6 - Curva do custo de manutenção.

onde para cada período  $j$  o custo horário é calculado como:

$$CM = \frac{j}{SD} \frac{C}{T} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (48)$$

SD = soma dos dígitos

T = número de horas totais do período  $j$

C = custo total de manutenção (V - Custo dos Pneus)

Considerando as condições de operação, poderão acontecer:

- a) a vida útil do equipamento (em horas) será mais curta se as condições de operação forem mais pesadas;
- b) o custo de manutenção total aumentará se a condição de operação for mais pesada;

Um equipamento pode ser considerado com três vidas úteis e três custos de manutenção diferentes segundo o tipo de operação.

Assim tem-se:

VL = vida útil leve

VN = vida útil normal

VP = vida útil pesada

CL, CN e CP = custo leve, normal e pesado

ou graficamente:

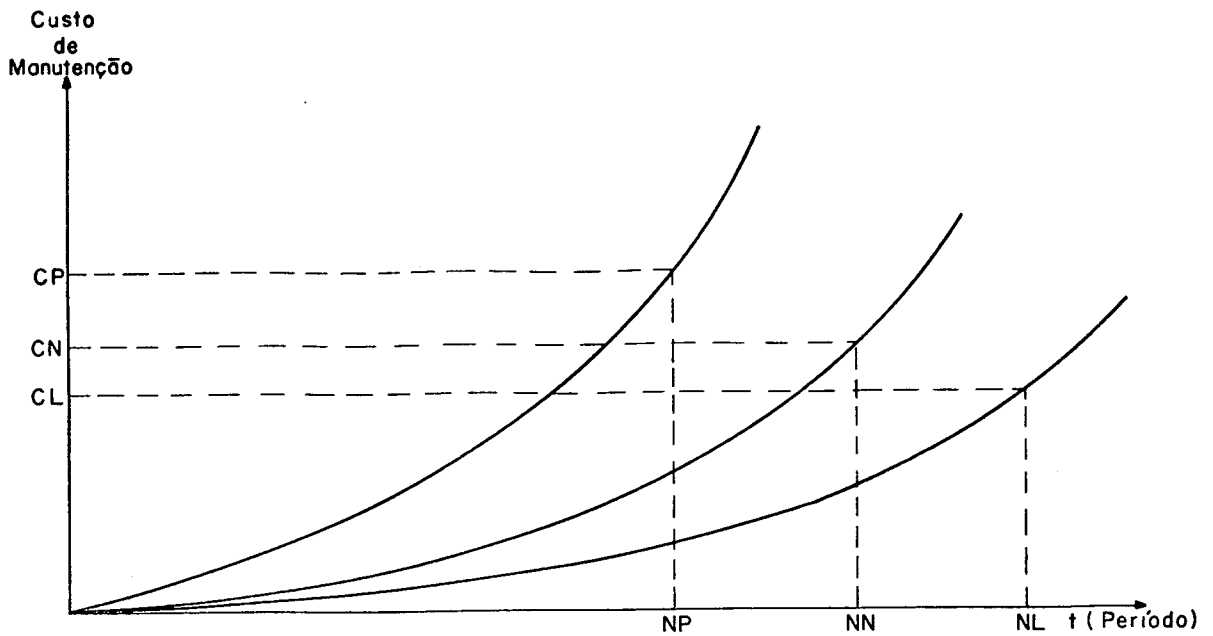


FIGURA 7 - Curvas do custo de manutenção para os diferentes tipos de tarefas.

Se as condições de operação são iguais ao longo de toda a vida útil do equipamento, cada parcela de manutenção será calculada de forma simples como:

$$\text{parcela } [\$/h] = \frac{j \cdot C \cdot FM}{SD_x \cdot T} \quad j = \text{período} \quad (49)$$

C = custo total de manutenção

FM = fator de manutenção

T = número de horas por período

$$SD_x = \frac{N_x(N_x+1)}{2}, \quad N_x = n.^{\circ} \text{ períodos de vida útil} \quad (50)$$

A seguir são tabelados alguns valores típicos de vida útil de equipamento e custo de manutenção para os três tipos de operação leve, normal e pesada.

TABELA 7 - Vida útil e fatores de manutenção para as diferentes tarefas.

Equip.	L	N	P
X	13000	10000	8000

Equip.	L	N	P
X	0,5	0,9	1,05

Quando um equipamento muda de um tipo de operação para outro (o que acontece corriqueiramente na prática) deverão combinar-se as curvas anteriores para obter um resultado real. Supondo que um equipamento tem suas três curvas com diferentes condições de operação faz-se:

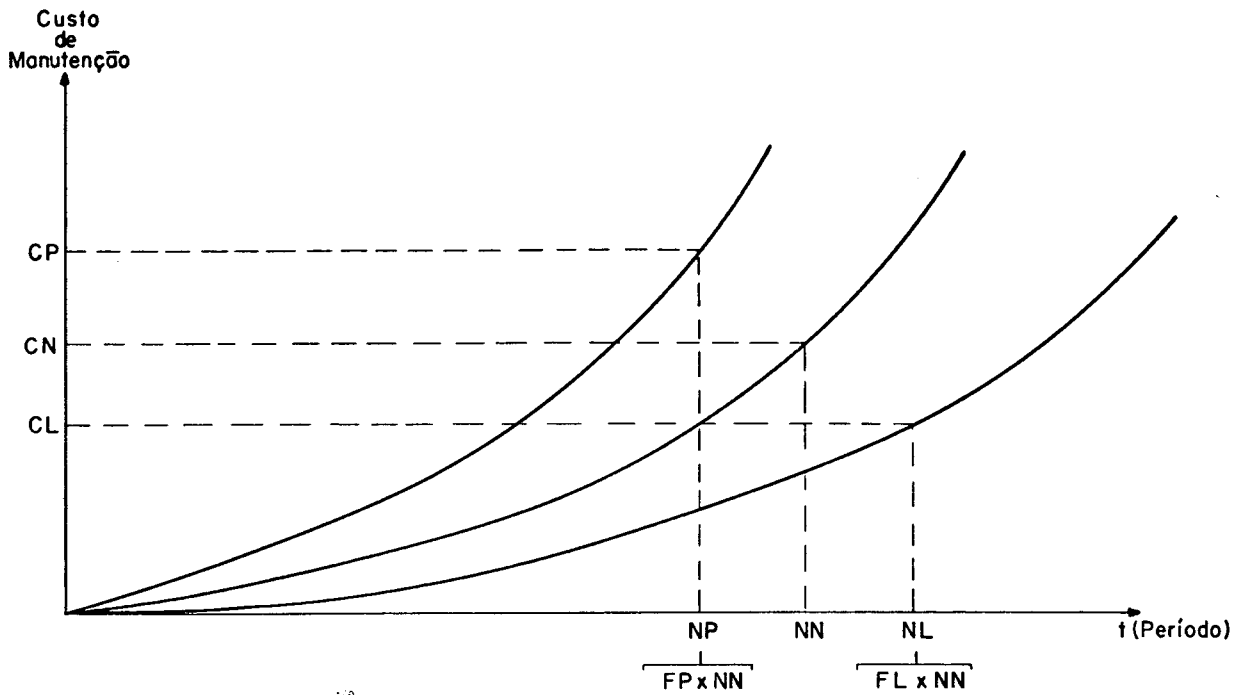


FIGURA 8 - Curvas do custo de manutenção.  
Tarefas leve, normal e pesada.

Supõe-se que se trabalhe até o período  $k_L$  na condição leve (L) e depois, na condição pesada (P). O custo até o período  $k_L$  é calculado como :

$$C_j = \frac{j}{SDL} \frac{CL}{I} \quad j = 1, 2, \dots, k_L \quad (51)$$

Para calcular o período correspondente na tarefa pesada ao valor  $k_L$  faz-se:

$$k_P = I \left( k_L \frac{N_P}{N_L} \right) \quad (52)$$

Observe que  $I(\cdot)$  denota o inteiro mais próximo (de igual forma que no cálculo da depreciação).

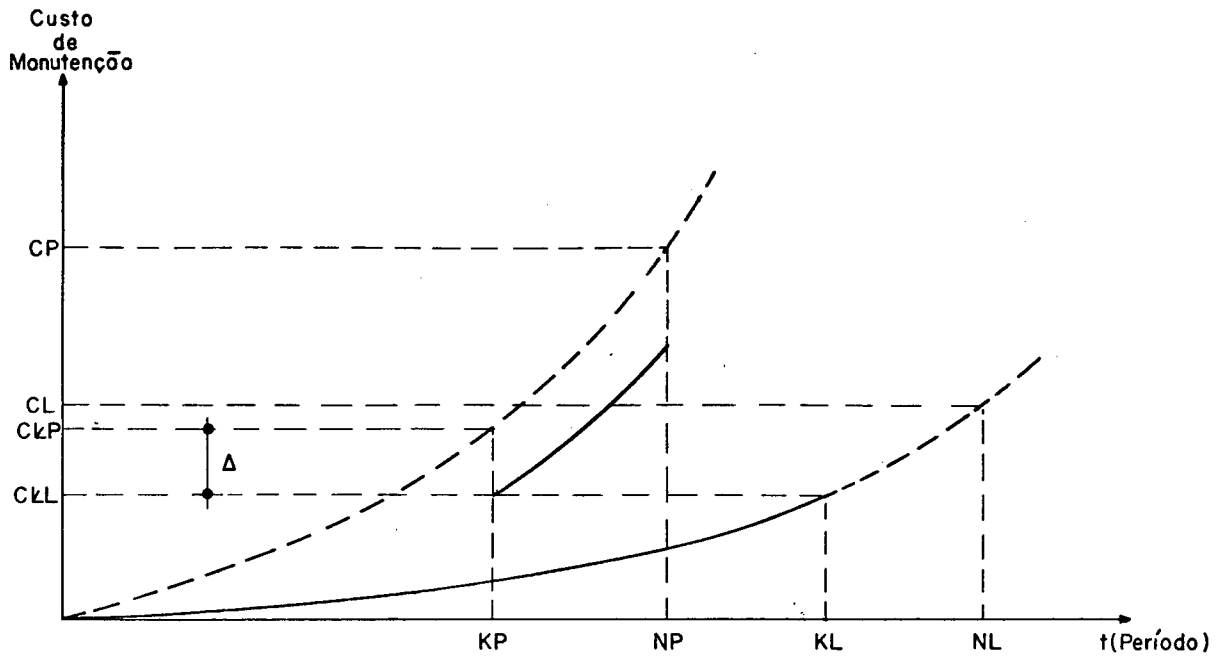
A partir do período  $k_{P+1}$  o custo terá uma lei de variação dada por:

$$C'_j = \frac{j}{SDP} \frac{C_P}{T} + \Delta \quad j = k_{P+1}, \dots, N_P \quad (53)$$

onde

$$\Delta = C_{kL} - C_{kP} \quad (54)$$

Graficamente estas relações tomariam a forma apresentada na figura.



$$\Delta = \frac{k_L}{SDL} \frac{CL}{T} - \frac{k_P}{SDP} \frac{CP}{T}$$

FIGURA 9 - Custo de manutenção.

Combinação das tarefas leve e pesada.

Na figura 9 a curva em negrito seria a resultante da composição efetuada.

Note que o fato de se utilizar a Soma Inversa dos Dígitos no cálculo da manutenção, permite usar o mesmo período calculado para a depreciação. Note, também, que o erro máximo é cometido na última parcela do custo de manutenção, já que o processo é crescente.



### 3.2.2.2 - Combustíveis

Existem quatro fatores fundamentais a considerar quando calcular o consumo de combustíveis dos equipamentos. Estes fatores são:

- tipo e modelo do equipamento;
- potência do motor;
- fator de carga;
- número de horas trabalhadas.

A partir dos dois primeiros fatores é possível obter o consumo base (litro/h) do equipamento (geralmente encontrado em manuais de fabricantes). A partir deste valor o consumo real é calculado como:

$$C_{REAL}(l/h) = C_{base}(l/h) \times F_{CARGA} \times F_{VIDA \text{ Útil}} \quad (55)$$

O fator de carga ( $F_c$ ) é fornecido em tabelas por muitos fabricantes [4], [18].

O segundo fator não é geralmente encontrado na literatura, mas é de conhecimento prático em oficinas e empresas que trabalham com o equipamento. A tabela do fator  $F_v$  geral para equipamentos pesados é:

TABELA 8 - Fatores de vida útil

	Período 1	Período 2	Período 3
$F_v$	1,00	1,15	1,30

onde os períodos correspondem a terços de vida útil do equipamento.

Assim o custo é calculado como:

$$\text{Custo Comb. } [\$ / \text{h}] = \text{CREAL}(1/\text{h}) \times \text{preço do combustível}(\$ / \text{l}) \quad (56)$$

### 3.2.2.3 - Óleo Lubrificante, Graxas e Filtros

As tabelas apresentadas pelos métodos que calculam o consumo horário dependendo do tipo e modelo de equipamento, tipo de material usado (referente a filtros e óleos) e tipo de tarefa, produzem resultados bem próximos da realidade.

A única modificação a ser feita nesta proposta refere-se aos fatores corretivos segundo o tipo de tarefa. Estes devem ser considerados em forma particular para as diferentes partes do equipamento.

A tabela de fatores corretivos proposta está dividida em dois grupos:

- 1) para aquelas partes do equipamento onde os filtros e óleos não têm contato com o meio ambiente. Assim o desgaste depende somente do tipo de tarefa. (Notar que este último fator pode depender do estado do terreno);

TABELA 9 - Fatores corretivos

Materiais	Leve	Normal	Pesada
Filtros e Lubrificantes do Cárter	0	10%	25%
Filtros de óleo da Transmissão	0	10%	25%
Sistema Hidráulico	0	10%	25%

2) para as partes onde os filtros ou graxas estão em contato direto com o meio ambiente. Assim é fundamental considerar condições de trabalho como: terrenos com lamas, água ou com muita poeira no ar tem-se;

Para graxas

TABELA 10 - Fatores corretivos

Água	Lama	Seco com Poeira	Seco sem Poeira
30%	30%	20%	normal

e para filtros de ar

TABELA 11 - Fatores corretivos

com Poeira	sem Poeira
25%	normal

Estes fatores deverão ser aplicados diretamente sobre as tabelas do fabricante (Fatores de consumo  $FC_i$  e  $FF_j$  do Capítulo II) obtendo-se os fatores reais de consumo ( $FRC_i$ ) ( $FRC_j$ ) que serão usados na equação:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}(\$/h) = & \sum_{i=1}^n FRC_i [l(kg)/h] \times \text{Preço}_i [\$/l(kg)] + \\ & + \sum_{j=1}^m FRC_j [1/h] \times \text{Preço}_j [\$] \end{aligned} \quad (57)$$

onde

$FRC_i$  = fator real de consumo em l/h ou kg/h de óleo lubrificante ou graxas

$FRC_j$  = fator real de consumo de filtros em unidades por hora.

#### 3.2.2.4 - Pneus

Neste ítem recomenda-se para a determinação dos fatores corretivos de vida útil " $f_i$ " aqueles analisados no Capítulo II.

É claro que a utilização de um mesmo tipo de pneu em equipamentos diferentes, ou de diferentes pneus em um mesmo equipamento levará a obter fatores de desgaste diferentes. Por isso é recomendado que os fatores  $f_i$  sejam calculados através da experiência prática levando-se em conta estes aspectos. Assim deverão ser considerados tantos conjuntos de fatores  $f_i$  quanto sejam os tipos de pneus que possam ser usados no equipamento em questão. Obter-se-a desta forma tabelas como:

TABELA 12 - Fatores corretivos da vida útil dos pneus.

Equipamento X Tipos de Pneus Compatíveis com o Equipamento	F A T O R E S			
	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	.....f <sub>n</sub>
Pneu A				
Pneu B				
Pneu C				

O Custo Horário do Pneu é calculado como no Capítulo II, ou seja:

$$\text{Custo Pneu [$/h]} = \frac{\text{Custo de Reposição}}{\text{Vida Útil Média Básica} \times f_1 f_2 f_3 \dots f_n} \quad (58)$$

### 3.2.2.5 - Material Rodante - Esteiras

Para o cálculo deste custo recomenda-se o uso da metodologia já analisada no Capítulo II. Cabe somente comentar que os valores dos fatores de abrasividade, impacto e fator Z apresentados, estão sujeitos a futuros reajustes para adaptar-se melhor a realidade prática regional.

### 3.2.2.6 - Itens Especiais

Também neste item se adotará o cálculo já proposto. Deve-se notar unicamente que os fatores de utilização dependerão fortemente do tipo de tarefa realizada e devem ser reajustados de acordo com elas.

### 3.2.2.7 - Mão de Obra

Considera-se aqui o mesmo comentário feito no Capítulo anterior.

### 3.3 - Produtividade

Para a determinação da produtividade em forma correta deve-se considerar dois aspectos fundamentais:

- 1) determinar valores de produtividade específicos para os períodos de trabalho computados, o que considera efeitos regionais;
- 2) considerar fatores de eficiência locais;

Um método que considera estes fatores e consegue resultados bem próximos da realidade de cada região é o Método das Observações Instantâneas [17].

O Método das Observações Instantâneas baseia-se na seleção aleatória de uma série de instantes durante o turno de trabalho, nos quais é observado e registrado o que está acontecendo com o equipamento.

Pode ocorrer basicamente uma dessas três situações: o equipamento funcionando e realizando um trabalho produtivo; funcionando e realizando um trabalho improdutivo; ou parado.

Na aplicação deste método, são geradas amostras que consistem nos conjuntos de medições realizadas nos diferentes instantes de tempo, estes últimos escolhidos aleatoriamente.

A determinação do tamanho da amostra é de fundamental importância para que os resultados obtidos sejam representativos.

Dado que nas observações de um certo equipamento num determinado período de tempo, podem ocorrer duas situações Co

equipamento está parado ou não) para determinar a proporção média de tal evento se usa a distribuição binomial [17]. Para a determinação do tamanho mínimo da amostra (N) a distribuição binomial é aproximada por uma normal. Esta aproximação é válida para  $np(1-p) > 9$ , onde p é a proporção de observação em que o equipamento está trabalhando sobre o total de "n" observações. Calcula-se N como:

$$N = \frac{Z^2(p)(1-p)}{L^2} \quad (59)$$

onde

Z = valor obtido da distribuição normal padrão com média zero e variância um, fixando o nível de confiança desejado

L = precisão, isto é, percentual de variação que se admite para a média obtida.

A situação mais desfavorável, isto é, cujo N exigido é maior, ocorre quando  $p = 0,5$ . Em geral, na prática, os valores usados são:  $Z = 1,96$  e  $L = 0,05$ . Assim serão necessárias 385 observações de um dado equipamento para se ter o grau de confiança e precisão fixados [17].

Considerando-se um número de amostras maior que o mínimo determinado procede-se em agrupá-las segundo uma tabela como a da figura 10.

A obtenção das produtividades é feita, então, contabilizando os totais de cada item e entrando nas seguintes equações de valores médios:

$$\text{Trabalho Produtivo Médio} = \frac{\text{Trab. Produtivo}}{\text{Trab. Total}} \times \frac{1}{\text{Volume Produzido}} \quad (60)$$

$$\text{Trabalho Imp. Evit. Médio} = \frac{\text{Trab. Imp. Evit.}}{\text{Trab. Total}} \times \frac{1}{\text{Volume Produzido}} \quad (61)$$

$$\text{Trabalho Imp. Inev. Médio} = \frac{\text{Trab. Imp. Inev.}}{\text{Trab. Total}} \times \frac{1}{\text{Volume Produzido}} \quad (62)$$

E, os limites máximos e mínimos destas é obtido acrescentando ou subtraindo um valor percentual dado por:

$$\Delta(\%) = 100 \times Z \left[ \frac{p(1-p)}{N-1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (63)$$



OBSERVAÇÕES INSTANTÂNEAS															
SERVIÇO: CONCRETO ASFALTICO (CBUQ)										CANTEIRO: SC-2					
EQUIPAMENTO: ROLO VIBRATORIO RTV-25										DATA: 16/04/86					
=====															
DIAS	16	17	18	5	6	12	13				TOT	%RE	%AB		
-----															
TRAB. PRODUTIVO	0	0	0	46	63	62	0	28	38	47	32	0	316	100	51
-----															
COMPACTANDO	46	63	62		28	38	47	32				316	100	51	
-----															
													0	0	0
													0	0	0
													0	0	0
-----															
TRABALHO IMPRODUTIVO															
-----															
EVITAVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-----															
ABASTEC. LUBRIFIC.												0	ERR	0	
SERVICO INADEQUADO												0	ERR	0	
TROCA OPERADOR												0	ERR	0	
SERVICO EXTRA												0	ERR	0	
												0	ERR	0	
-----															
INEVITAVEL	0	0	0	1	17	10	0	12	22	33	30	0	125	100	20
-----															
AGUAR. OUTRO EQUIP.												0	0	0	
AGUAR. SERV. PREC.		1	17	10		12	4	33	29				106	85	17
DESLOC. EQUIPAMENTO												0	0	0	
MANOBRAS															
ATOLADA												1	1	0	
INTERF. TRAFEGO												0	0	0	
SERVICO ACABAMENTO												0	0	0	
REROQUE												0	0	0	
TROCA DE PNEUS												0	0	0	
AGUAR. FERREJAR MASSA												18	18	14	3
-----															
PARADO															
-----															
EVITAVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ERR	0
-----															
ABASTEC. LUBRIF.												0	ERR	0	
INICIO/FINAL TURNO												0	ERR	0	
FALTA OUTRO EQUIP.												0	ERR	0	
												0	ERR	0	
-----															
INEVITAVEL	0	0	0	41	8	16	0	48	28	8	26	0	175	100	28
-----															
CHUVA												0	0	0	
PISTA IMPRATICAVEL												0	0	0	
MANUTENCAO												0	0	0	
DEF. MECANICO												0	0	0	
FALTA SERVICO		30		8		40	21		22				121	69	20
AGUARD. SERV. AUX.												0	0	0	
FALTA MATERIAIS												0	0	0	
FALTA TRANSPORTE		4											4	2	1
REFEICOES		5	8	8		8	5	6	3				43	25	7
COLOCANDO AGUA		2					2	2	1				7	4	1
												0	0	0	
												0	0	0	
-----															
TOTAL GERAL	0	0	0	88	89	88	0	88	88	88	68	0	616	100	
=====															

FIGURA 10 - Observações instantâneas

## CAPITULO IV

### 4. APLICAÇÃO PRÁTICA

#### 4.1 - Introdução

Neste Capítulo é aplicada a metodologia desenvolvida no Capítulo III para calcular o Custo Horário Produtivo de uma Motoniveladora 140B, trabalhando como equipamento auxiliar na confecção do serviço de Sub Base e Base de Brita Graduada.

Para a realização deste cálculo são necessários os seguintes dados:

#### a) Dados Referentes ao Equipamento

Valor de aquisição = \$ 121000,00

Valor dos pneus = \$ 3004,26

Vida útil estimada = 20000/15000/12000 horas

Valor residual = 9% do valor de aquisição

Número de horas trabalhadas = 12000 horas

## b) Dados Referentes as Tarefas

Tarefa 1 = normal

Tipo = espalhamento de aterro solto

Tempo = 12000 horas ou 75% da vida útil

Tarefa 2 = leve

Tipo = acabamento

Tempo = a começar a partir do momento do cálculo

Considera-se uma taxa de juros anual de 12%

Primeiramente, serão calculados os Custos de Propriedade e de Operação. A seguir a Produtividade e por último o Custo Horário Produtivo.

### 4.2 - Custo de Propriedade

#### 4.2.1 - Custo horário de Depreciação

As parcelas de depreciação do equipamento deverão ser calculadas em dois grupos correspondentes as duas etapas de vida útil. Uma primeira, de 0 a 12000 horas, em tarefas do tipo normal e numa segunda de 12000 horas em diante em tarefas leves.

As parcelas do primeiro grupo que supostamente foram depreciadas, são calculadas a seguir:

#### a) número de períodos (ND) de vida útil na tarefa normal

A vida útil estimada para este equipamento trabalhar em condições normais de serviço é de 15000 horas de operação.

Estipulando para cada período 500 horas de operação, tem-se que:

$$N = \frac{15000}{500} \quad \therefore \quad N = 30 \text{ períodos}$$

b) cálculo da Soma dos Dígitos (SD)

$$SD = \frac{N(N-1)}{2} \quad \therefore \quad SD = \frac{30 \times 29}{2} \quad \therefore \quad SD = 435$$

c) cálculo de  $\alpha$

Usando -se a taxa de juros anual de 12% e supondo-se que este equipamento faz, aproximadamente, 2000 horas de operação anualmente, pode-se dizer que para cada período (500 horas) a taxa de juros será de 3% por período.

Obtem-se assim:

$$\alpha = \frac{2 [(1+i)^n (Ni-1) + 1]}{N(N-1)i^2}$$

$$\alpha = \frac{2 [(1+3\%)^{30} (30 \times 3\% - 1) + 1]}{30(30-1)3\%^2}$$

$$\alpha \cong 1,8095$$

d) cálculo das parcelas de depreciação

$$dk = \frac{(N-k) V}{\alpha SD} \quad k = 1, \dots, 30 \quad e$$

$$V = V_0 - VR - V_{pneus}$$

logo  $V = 121000 - 10890 - 3004,26$

$$V = \$ 107105,74$$

e tem-se que

$$dk \text{ [$/h]} = (30 - k) \times 136,07 \quad k = 1, \dots, 30$$

ou  $d'_{12} = \$ 7,89/h$

$$d'_{12} = \$ 4,89/h$$

$$d'_{24} = \$ 1,63/h$$

As parcelas de depreciação do segundo grupo que serão incorridas a partir do início da segunda tarefa são calculadas como segue:

a) número de períodos N:

A vida útil estimada para este equipamento trabalhar em condição leve de serviço é de 20000 horas de operação. Sabendo que cada período corresponde a 500 horas de operação, tem-se:

$$N = \frac{20000}{500} \quad \therefore \quad N = 40 \text{ períodos}$$

b) cálculo de  $k_L$

O número de período correspondente a 12000 horas de operação nas condições normais de serviço é:

$$k_N = \frac{12000}{500} \quad \therefore \quad k_N = 24$$

Seu equivalente, nas condições leve de serviço, é  $k_L$  calculado como:

$$k_L = I \left( k_N \frac{N_L}{N_N} \right)$$

$$k_L = I \left( 24 \times \frac{40}{30} \right)$$

$$k_L = 32$$

c) cálculo do total de períodos da nova vida útil do equipamento:

$$k_N + N_L - k_L = \text{Vida Útil}$$

$$24 + 40 - 32 = \text{Vida Útil}$$

$$\text{Vida Útil} = 32 \text{ períodos ou } 16000 \text{ horas}$$

O equipamento passa a ser depreciado em 16000 horas. Como já foram pagos 12000 horas restam apenas 4000 horas ou 8 parcelas a depreciar em condições leve de serviço.

Observe que

$$\frac{k_N}{N_N} + \frac{N_L - k_L}{N_L} = 1$$

o que implica erro nulo no cálculo da vida útil total; dado que a relação  $k_N \times \frac{N_L}{N_N}$  é inteira.

d) cálculo das parcelas de depreciação correspondente aos períodos superiores a  $k_{sz}$  utilizando a Soma dos Dígitos Modificada corrigida pelo fator  $\beta$

Sendo  $d_j = \left[ \frac{1}{\alpha} \frac{(N-j)}{SD} V \right] \beta$ , onde

$$\beta = \frac{\sum_{j=kN+1}^{NN-1} \frac{(NN-j)}{SDN} V (1+i)^{NN-1-j}}{\sum_{j=kL+1}^{NL-1} \frac{(NL-j)}{SDL} V (1+i)^{NL-1-j}}$$

d1) cálculo da Soma dos Dígitos SDL

$$SDL = \frac{NL(NL-1)}{2} \quad \therefore \quad SDL = \frac{40 \times 41}{2}$$

$$SDL = 820$$

d2) cálculo do fator corretivo  $\alpha_L$

$$\alpha_L = \frac{2 [(1+i)^{NL} (NLi - 1) + 1]}{NL(NL + 1)i^2}$$

$$\alpha_L = \frac{2 [(1+3\%)^{40} (40 \times 3\% - 1) + 1]}{40(40 + 1)3\%^2}$$

$$\alpha_L \cong 2,2390$$

d3) cálculo de  $\beta$

Com os resultados encontrados nos itens d1 e d2, e que

$$N_N = 30$$

$$k_N = 24$$

$$N_L = 40$$

$$k_L = 32$$

$$SD_N = 435$$

$$\alpha_N = 1,8095, \beta \text{ é igual a:}$$

$$\beta \cong 0,9644$$

d4) cálculo das parcelas que faltam a ser depreciadas:

$$d_j = \left[ \frac{1}{\alpha_L} \frac{(N_L - j) V}{SDL} \right] \beta$$

$$d_j [\$/p] = (40 - j) \times 69,61$$

$$j = 33, \dots, 40$$

ou  $d_{33} = \$ 393,82/\text{período}$

$$d_{36} = \$ 225,04/\text{período}$$

$$d_{39} = \$ 56,26/\text{período}$$

$$d_{40} = 0$$

Conhecidos os valores das parcelas de depreciação, resta somente calcular:

$$CHD_j [\$/h] = d_j / 500h$$



### 4.3 - Custo de Operação

#### 4.3.1 - Custo Horário de Manutenção

Dado que o cálculo deste custo considera os tipos de tarefas realizadas e a quantidade de períodos ocupados em cada um, serão necessários para este cálculo alguns resultados que já foram obtidos quando obtido o custo de depreciação:

$$k_N = 24$$

$$k_L = 32 \qquad N_L = 40$$

$$T = 500h$$

$$SD_N = 435$$

$$SD_L = 820$$

Além disso é preciso conhecer os fatores de manutenção para as condições normal e leve:

$$F_{MN} = 50\%$$

$$F_{ML} = 45\%$$

A partir destes dados as etapas de cálculo são:

#### a) cálculo do Custo Total de Manutenção

$$C = V - \text{Custo da Reposição dos Pneus}$$

$$C = 121000 - 3004,26$$

$$C = \$ 117995,74$$

b) cálculo da última parcela já paga quando o equipamento realizava a primeira etapa sob condição normal de trabalho

$$C_j = \frac{j}{SDN} \cdot \frac{C \times F_{MN}}{T} \quad j = 1, \dots, kN$$

$$C_{24} = \frac{24}{435} \times \frac{117995,74 \times 50\%}{500} \quad \therefore C_{24} = \$ 6,51/h$$

c) cálculo da parcela de manutenção correspondente ao período equivalente do k24 na condição leve de serviço, isto é, do período 32:

$$C_{32} = \frac{32}{820} \times \frac{117995,74 \times 45\%}{500}$$

$$C_{32} = \$ 4,14/h$$

d) cálculo de  $\Delta$ , valor corretivo das parcelas k33 a k40.

$$\Delta = C_{kN} - C_{kL} \quad \therefore \Delta = C_{24} - C_{32}$$

$$\Delta = 6,51 - 4,14$$

$$\Delta = \$ 2,37/h$$

e) cálculo das parcelas a partir do período k33, modificadas pela variação de  $\Delta$

$$C_j = \frac{j}{SDL} \times \frac{C \times F_{mL}}{T} + \Delta \quad j = kL+1, \dots, NL$$

$$C_j = \frac{j}{820} \times \frac{117995,74 \times 45\%}{500} + 2,37$$

$$C_j \text{ [$/h]} = 0,1295j + 2,37 \quad j = 33, \dots, 40$$

$$C_{33} = \$ 6,64/h$$

$$C_{36} = \$ 7,03/h$$

$$C_{39} = \$ 7,42/h$$

$$C_{40} = \$ 7,55/h$$

#### 4.3.2 - Custo Horário de Combustível

Como o equipamento se encontra com, aproximadamente, 75% da sua vida útil, será aplicado um fator de vida útil de 1,30.

Como a tarefa a realizar é do tipo leve, o fator de carga é 1.

$$C_c = \text{Consumo} \times \text{Preço} \times \text{Fator de Carga} \times \text{Fator de Vida Útil}$$

$$C_c = 131/h \times \$ 0,226/l \times 1,30 \times 1$$

$$C_c = \$ 4,50/h$$

#### 4.3.3 - Custo Horário de Lubrificantes

Como a tarefa realiza-se na ausência de poeira, lama e água, os fatores corretivos de consumo de óleos lubrificante e graxas, serão unitários. Assim se calcula sob condições leve de serviço:

$$\text{Cárter} = \$ 1,88/l \quad \text{Consumo} = 0,1131/h$$

$$\text{Transmissão} = \$ 2,80/l \quad \text{Consumo} = 0,0531/h$$

$$\text{Comando Final} = \$ 2,80/l \quad \text{Consumo} = 0,0471/h$$

$$\text{Sistema Hidráulico} = \$ 4,0/l \quad \text{Consumo} = 0,0151/h$$

$$C_l = \$ 0,55/h$$

#### 4.3.4 - Custo Horário de Filtros

Qt	Tipo	Troca	Preço	Custo Horário
1	Motor	250h	33,74	0,134
1	Sistema Hidráulico	500h	9,16	0,018
1	Combustível Primário	2000h	20,62	0,010
1	Ar Primário	2000h	58,77	0,039
1	Ar Secundário	1000h	48,59	0,048

$$C_f = \$ 0,24/h$$

#### 4.3.5 - Custo Horário de Pneus

Unicamente os pneus neste tipo de serviço sofrerão desgaste por abrasão, portanto podem ser utilizadas as curvas com valores médios fornecidas pelos fabricantes obtendo resultados satisfatórios. Assim resulta:

$$C_p = \frac{\text{Valor de Reposição}}{\text{Vida Útil Estimada}}$$

$$C_p = \frac{\$ 3004,26}{8000h}$$

$$C_p = \$ 0,37/h$$

## 4.3.6 - Custo Horário dos Itens Especiais

Qt	Especificação	Vida Útil	Preço Unt.	Custo Horário
2	Borda	300	97,70	0,65
2	Canto	3000	28,52	0,02
36	Porca	600	0,26	0,01
36	Parafuso	600	1,56	0,09

$$C_{ie} = \$ 0,77/h$$

## 4.3.7 - Custo Horário de Mão de Obra

Segundo os valores regionais pode se aproximar o custo incluindo os encargos sociais:

$$C_{mdo} = \$ 0,30/h$$

## Resumo de Cálculo para as Primeiras 500 horas

## Custo de propriedade

1. Depreciação	\$ 0,78/h
----------------	-----------

Total	\$ 0,78/h
-------	-----------

## Custo de Operação

1. Manutenção	\$ 6,64/h
---------------	-----------

2. Combustível	\$ 4,50/h
----------------	-----------

3. Lubrificante	\$ 0,55/h
-----------------	-----------

4. Filtros	\$ 0,24/h
------------	-----------

5. Pneus	\$ 0,37/h
----------	-----------

6. Itens Especiais	\$ 0,77/h
--------------------	-----------

7. Mão de Obra	\$ 0,30/h
----------------	-----------

Total	\$13,37/h
-------	-----------

Custo Horário de Propriedade e Operação	\$14,14/h
---	-----------

#### 4.4 - Produtividade

Utilizando os resultados encontrados na pesquisa de campo realizada no trecho da BR 282 - Rancho Queimado, se obterá a produtividade da Motoniveladora 140B que realizava o acabamento no serviço de sub base e base de brita graduada, [17].

Com os resultados da tabela de Observações Instantâneas, desta pesquisa, e as expressões (60), (61) e (62) do Capítulo anterior, obtém-se:

$$TP = \frac{217}{8} \times \frac{1}{3488,10} = 0,00773 \text{ h/m}^3$$

$$TP_{\text{SUPERIOR}} = 0,00857 \text{ h/m}^3 \quad \text{e} \quad TP_{\text{INFERIOR}} = 0,00618 \text{ h/m}^3$$

A partir destes resultados obtém-se o valor da produção estimada da Motoniveladora:

$$\text{Produção} = 1/TP$$

$$\text{Produção} = 129,37 \approx 130 \text{ m}^3/\text{h}$$

enquanto que no método convencional a produção encontrada é de:

$$\text{Produção} = 92 \text{ m}^3/\text{h} \quad [\text{ver figura 11}]$$

Com o valor do Custo Horário de Propriedade e de Operação e a Produção encontrada, obtém-se o Custo Horário Estimado da Motoniveladora 140B por  $\text{m}^3$  produzido:

$$\text{Custo} = \frac{14,15}{130} \quad \therefore \quad \text{Custo} = \$ 0,108/\text{m}^3$$

CÓDIGO		SERVIÇO SUB BASE E BASE DE BRITA GR4 - DVADA				UNIDADE: m <sup>3</sup> /h
VARIÁVEIS INTERVENIENTES	UNIDADE	EQUIPAMENTOS				
		MOTONVELADO RA	ARROPIPA	ROLO LISO VIBRANTE	DISTRIB. AEREA	
o	AFASTAMENTO					
b	CAPACIDADE	2	9000			
c	CONSUMO (QUANTIDADE)	l/m <sup>3</sup>	84			
d	DISTÂNCIA	m	150	7000	150	
e	ESPAÇAMENTO					
f	ESPESSURA	m	0,15	0,15	0,15	
g	FATOR DE CARGA					
h	FATOR DE CONVERSÃO					
i	FATOR DE EFICIÊNCIA		0,70	0,70	0,70	
j	LARGURA DE OPERAÇÃO					
k	LARGURA DE SUPERPOSIÇÃO					
l	LARGURA ÚTIL	m	3,40	1,375	3,60	
m	NÚMERO DE PASSADAS		4	6		
n	PROFUNDIDADE					
p	TEMPO (CARREGA, DESC. E MANOBRA)	min	38			
q	TEMPO PERCURSO (IDA)	min	14			
r	TEMPO DE RETORNO	min	14			
s	TEMPO TOTAL DE CICLO	min	66	2,34	48,62	
t	VELOCIDADE (IDA) MÉDIA	m/h	67	500		
u	VELOCIDADE DE RETORNO	m/h	500			
v	Densidade					
OBSERVAÇÕES:		FÓRMULAS				
		$P = \frac{F.L.I.T.60}{M}$	$P = \frac{B.I.60}{C.S.}$	$P = \frac{D.L.F.I.60}{S}$	$P = \frac{D.L.F.I.60}{S}$	
FREQUÊNCIA DE PASSADAS		358	68	92	70	
NÚMERO DE UTILIZADOS		1	2	1	2	
UTILIZADO	PRODUTIVA	0,26	0,67	1,00	0,65	
	IMPRODUTIVA	0,74	0,33	0,00	0,35	
PRODUÇÃO DA EQUIPE				92		
LOTE - RODOVIA - TRECHO -		PRODUÇÃO DAS EQUIPES MECÂNICAS Qd-02-4P-V				

FIGURA 11 - Produção das equipes mecânicas.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 5.1 - Conclusões

Através da metodologia proposta neste trabalho, obtiveram-se valores de Custo Horário Produtivo de Equipamentos Rodoviários que melhor refletem os dados reais brasileiros. Isto deve-se a adaptação das restrições e condicionantes regionais as técnicas teóricas propostas nesta metodologia que fazem possível obter grande vantagens na sua aplicação.

Como pontos principais desta metodologia devem destacar-se:

- Definição, para todos os equipamentos rodoviários, de vidas úteis condicionadas ao mercado local e as condições de operação, e portanto bem próximas dos valores reais.
- Utilização de períodos de cálculo menores que os normalmente usados, obtendo-se assim uma melhor discretização dos fenômenos de depreciação e manutenção.
- Criação de uma técnica de cálculo de depreciação que permite obter valores reais de depreciação mesmo quando o equipamento trabalha em tarefas diferentes durante sua vida útil.

- Criação de uma técnica de cálculo do Custo de Manutenção que considera todos os fatores que influenciam este custo, mesmo quando o equipamento mude várias vezes de tarefa durante sua vida útil.
- Otimização da técnica de cálculo de consumos (isto é, óleos lubrificantes, combustíveis, graxas e filtros) mediante a criação de fatores corretivos específicos.
- Adaptação das melhores técnicas conhecidas para o cálculo do Custo de Pneus, Material Rodante e Itens Especiais, mas levando em conta os fatores corretivos de uma forma mais específica.
- Cálculo da Produtividade pelo Método das Observações Instantâneas, o que permite obter valores em condições reais de operação e que podem ser adaptadas a cada tipo de região do país.

## 5.2 - Recomendações

- Deverão ser levantados em campo, em trabalhos futuros, valores práticos de consumo para realizar correções sobre os fatores estipulados neste trabalho e gerar tabelas para cada tipo de equipamento separadamente.
- Para o cálculo dos Custos de Pneus, Material Rodante e Itens Especiais, também deverão ser levantados dados em campo que permitam melhorar, no futuro, os fatores apresentados.
- No cálculo da Produtividade pelo Método das Observações Instantâneas, valem as recomendações feitas no trabalho de E. MULLER [8].

Como recomendação geral, vale dizer que este trabalho quis colocar apenas o passo inicial para que, em futuras pesquisas, seja obtido um método geral de cálculo de CHP para equipamentos rodoviários de caráter nacional.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] ALBUQUERQUE, J. Celso Veloso de. Tratado do Ativo Imobilizado. São Paulo, Ed. Rumo, 1975.
- [2] ASSAF, Antonio, Neto. Depreciação: conceitos, aspectos e descapitalização. Revista Administração IA USP, São Paulo, vol 15(1),pág. 18-32, jan.-mar., 1980.
- [3] BORGES, Paulo Sérgio S. Estratégia de Concorrência: Um Modelo Determinístico. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, out., 1986.
- [4] CATERPILLAR DO BRASIL SA. Manual de Produção Caterpillar. 12. ed., set., 1987.
- [5] CATERPILLAR DO BRASIL SA. Princípios Básicos de Terraplenagem.
- [6] CATERPILLAR DO BRASIL SA. Um Enfoque Econômico à Venda de Máquinas. Análise de Investimento em Equipamento, 1985.
- [7] CHAVES, Cândido R. Como Fixar o Limite de Vida Útil das Máquinas de Construção Pesada. Construção Pesada, mar. 1978.

- [8] CHAVES, Cândido R. Noções de Matemática Financeira Relacionada com o Custo da Unidade de Obra. Construção Pesada, out., 1977.
- [9] CHAVES, Cândido R. Noções de Matemática Financeira Relacionada com o Custo da Unidade de Obra - Etapa 2. Construção Pesada, out., 1977.
- [10] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO PARANÁ. Equipamento. Anexo ao Boletim Diário, n. 116, 20 jul. 1972, fls. 81-91.
- [11] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO PARANÁ. Sistema de Administração de Equipamentos SAE. 2o. Seminário Latino Americano de Manutenção Rodoviária. Curitiba, abr., 1986.
- [12] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. Manual de Composição de Custos Rodoviários, out., 1972. vol. 1.
- [13] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. Manual de Composição de Custos Rodoviários, out., 1972. vol. 2.
- [14] DOUGLAS, James. Equipment Costs by Current Methods. Journal of the Construction Division, june, 1978.
- [15] GARDANO, Marcos F. Renovação, Seleção e Substituição de Equipamentos em Empresas Industriais Privadas Brasileiras - Um Enfoque em Engenharia Econômica. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Administração de Empresas, São

Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 1975.

- [16] IUDICIBUS, Sérgio de. Teoria da Contabilidade. São Paulo, Ed. Atlas, 1980.
- [17] MÜLLER, Ernany. Determinação da Produtividade de Equipamentos Rodoviários Utilizando-se da Técnica das Observações Instantâneas. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, ago., 1988.
- [18] NUNNALLY, S. W. Construction Methods and Management. New Jersey, Prentice - Hall, 1980.
- [19] REVISTA TRANSPORTE MODERNO. dez., 1975.
- [20] SÁNCHEZ, Manuel. Control de Costos en la Construccion. 4. ed. España, Ediciones CEAC SA, septiembre, 1983.
- [21] TABELAS DE COMPOSIÇÃO DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS - TCPO 07. 7. ed., São Paulo, Pini, 1980.