



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL
PARA MANUTENÇÃO ECONÔMICA DE EQUIPAMENTOS
MÓVEIS DE MINERAÇÃO**

BRUNO GONÇALVES PEREIRA

Belo Horizonte, 15 de Dezembro de 2014

Bruno Gonçalves Pereira

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL
PARA MANUTENÇÃO ECONÔMICA DE EQUIPAMENTOS
MÓVEIS DE MINERAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Projetos Mecânicos

Orientador: Prof. Dr. Antônio Eustáquio de Melo Pertence

UFMG

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014



Universidade Federal De Minas Gerais

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Av. Antônio Carlos, 6627 , Pampulha , 31.270-901 , Belo Horizonte , MG

Tel.: +55 31 3499-5145 , Fax.: +55 31 3443-3783

www.demec.ufmg.br , E-mail: cpgmec@demec.ufmg.br

DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA MANUTENÇÃO ECONÔMICA DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS DE MINERAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 15 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Mestre em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**Projetos Mecânicos**".

Prof. Dr. Antônio Eustáquio de Melo Pertence, UFMG, Orientador

Prof. Dr. Paulo Roberto Cetlin, UFMG, Examinador

Prof. Dr. Danilo Amaral, UFMG, Examinador

A todos que ao meu lado estão,
com todo o meu empenho e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bondoso Deus por proporcionar tal caminho esplêndido,
à minha família por todo carinho e apoio,
à minha esposa pelo amor,
aos amigos pelo companheirismo
e aos professores e colegas de trabalho por compartilhar tamanha sabedoria,

Meus sinceros agradecimentos.

“Os engenheiros usam a Ciência para resolver seus problemas, se a Ciência estiver disponível. Porém, com a Ciência disponível ou não, o problema deve ser resolvido e qualquer forma que a solução tome sob quaisquer condições chama-se Engenharia.”

Joseph Edward Shigley

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
RESUMO	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Manutenção industrial	16
2.1.1 Definições de manutenção	16
2.1.2 Métodos de manutenção.....	17
2.1.2.1 Manutenção corretiva.....	18
2.1.2.2 Manutenção preventiva	19
2.2 Gestão econômica de ativos	20
2.2.1 Estrutura de gestão econômica de ativos.....	23
2.2.2 Formação do custo de aquisição de bens	25
2.2.3 Depreciação de bens.....	26
2.3 Conceitos contábeis.....	27
2.3.1 Ativo imobilizado.....	27
2.3.2 Amortização	27
2.3.3 Depreciação de ativos.....	27
2.3.4 Cálculo do imposto de renda e benefício fiscal.....	28
2.4 Custo do ciclo de vida (<i>Life Cycle Cost - LCC</i>).....	30

2.5 Custos de manutenção	32
2.6 Modelo para determinação da vida econômica	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Banco de Dados.....	37
3.1.1 Seleção de Equipamento	38
3.1.2 Dados do Equipamento	39
3.1.3 Custo dos Componentes	40
3.1.4 Custo das Manutenções	40
3.2 LCC, Custo Vital.....	41
3.2.1 Seleção de Equipamento	42
3.2.2 Vida Útil dos Componentes	43
3.2.3 LCC, Custo do Ciclo de Vida.....	44
3.2.4 Resumo.....	45
3.3 Orçamento Anual	46
3.3.1 Seleção de Equipamento	47
3.3.2 Vida do Equipamento e Componentes	48
3.3.3 Gastos com Componentes	48
3.3.4 Gastos com Manutenção	49
3.3.5 Gastos Operacionais.....	50
3.3.6 Gasto Total	50
3.4 Comparação de Equipamentos	51
3.4.1 Seleção de Equipamentos.....	51
3.4.2 Seleção de Parâmetros.....	52
3.4.3 Comparação de Resultados	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 LCC - Custo Vital	54
4.2 Orçamento Anual	58

4.3 Comparação de Equipamentos	60
5 CONCLUSÃO	64
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	65
ABSTRACT	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Importância crescente da manutenção (Adaptado de Kardec e Nascif, 2004)	16
Figura 2.2 – Métodos de manutenção (Grom, 2010)	18
Figura 2.3 – Formas de manutenção (Monchy, 1989)	20
Figura 2.4 – Estrutura de organização da gestão de ativos (Cesca, 2012)	24
Figura 2.5 – Modelo para estimativa de vida econômica (Cesca, 2012)	31
Figura 3.1 – Janela de introdução ao programa	36
Figura 3.2 – Janela de acesso ao programa	36
Figura 3.3 – Guias das ferramentas de gestão do programa.....	37
Figura 3.4 – Guia de gestão do banco de dados	38
Figura 3.5 – Seleção de equipamento.....	39
Figura 3.6 – Dados do equipamento.....	39
Figura 3.7 – Custos dos componentes	40
Figura 3.8 – Custos das manutenções	41
Figura 3.9 – Guia LCC - custo vital	42
Figura 3.10 – Seleção de equipamento.....	42
Figura 3.11 – Vida útil dos componentes.....	43
Figura 3.12 – Gráfico do custo de ciclo de vida.....	44
Figura 3.13 – Gráfico expandido do custo de ciclo de vida.....	45
Figura 3.14 – Resumo econômico da simulação	45
Figura 3.15 – Guia de orçamento anual	47
Figura 3.16 – Seleção de equipamento.....	47
Figura 3.17 – Vida do equipamento e componentes	48
Figura 3.18 – Gastos com componentes.....	49

Figura 3.19 – Gastos com manutenção	49
Figura 3.20 – Gastos operacionais	50
Figura 3.21 – Gasto total	50
Figura 3.22 – Comparação de equipamentos	51
Figura 3.23 – Seleção de equipamentos	52
Figura 3.24 – Seleção de parâmetros	52
Figura 3.25 – Comparação de resultados	53
Figura 4.1 – Simulação de LCC - custo vital I.....	55
Figura 4.2 – Simulação de LCC - custo vital II	57
Figura 4.3 – Simulação de orçamento anual	59
Figura 4.4 – Simulação de comparação de equipamentos	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEC	Custo Equivalente de Capital
CEM	Custo Equivalente de Manutenção
CEP	Custo Equivalente de Propriedade
HT	Horas de Trabalho
IBRACON	Instituto dos Auditores Independentes do Brasil
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MC	Manutenção Corretiva
MP	Manutenção Preventiva
NBR	Norma Brasileira
NCM	Nomenclatura Comum do MERCOSUL
SRF	Secretaria da Receita Federal

A	custo de aquisição do ativo
B	benefício fiscal
D	depreciação
LT	lucro tributável
IR ₁	imposto de renda sem depreciação
IR ₂	imposto de renda com depreciação
N	vida útil estimada
P	alíquota do imposto de renda
S	valor residual do ativo
V	valor inicial do ativo
δ	taxa de depreciação
ΔIR	variação entre IR ₁ e IR ₂

RESUMO

No setor de mineração, o conhecimento do comportamento dos custos de manutenção dos equipamentos durante os seus ciclos de vida se torna muito importante devido aos custos envolvidos na operacionalidade e disponibilidade destes equipamentos. Dessa maneira, apesar dos elevados recursos necessários para a aquisição de um dado ativo físico, a compra não deve ser decidida somente com base no custo inicial, mas sim por meio do custo do ciclo de vida desse equipamento em que se contemplam todos os gastos realizados ao longo de sua vida. Neste estudo apresenta-se o desenvolvimento de um programa computacional para manutenção econômica de equipamentos móveis de mineração, que utiliza modelos matemáticos baseados em engenharia econômica com o objetivo de encontrar a vida econômica ideal e realizar previsões de custos de manutenção de um determinado equipamento em condições de operação estabelecidas. Com a modelagem de vida econômica é possível determinar o modo em que os equipamentos podem ser utilizados de maneira mais eficiente e com menores custos de ciclo de vida incorporados, uma vez que seja aplicada uma gestão da manutenção econômica com base no modelo elaborado presente no programa computacional. Com a sua utilização é possível realizar simulações, o que possibilita a melhoria de indicadores técnico-financeiros considerando um ou mais equipamentos de empresas do setor mineral.

Palavras Chave: Programa computacional, Manutenção econômica, LCC, Custo do ciclo de vida

1 INTRODUÇÃO

A constante evolução tecnológica e o crescimento das demandas do setor produtivo tornaram fundamentais as exigências inerentes à garantia da funcionalidade dos equipamentos e processos. Neste contexto, a habilidade das empresas contemporâneas de gerir seus ativos, com a necessária competência e eficiência, em busca de um diferencial competitivo está fortemente vinculada a sua política de gestão da manutenção (Novacki *et al.*, 2009).

A função manutenção tem presença em todos os segmentos do negócio, como por exemplo, segurança, integridade ambiental, eficiência energética, qualidade do produto, disponibilidade, confiabilidade e custos operacionais. Em função disso, a responsabilidade a ser assumida pelas áreas de manutenção deve buscar a melhoria contínua no gerenciamento dos processos de trabalho.

É igualmente importante reconhecer a necessidade de gerir os ativos não apenas do ponto de vista de compras ou manutenção, mas também de uma perspectiva estratégica em toda a organização. Nesta perspectiva, de modo geral, quase toda empresa utiliza ativos físicos, porém, em alguns casos, o desempenho das instalações e equipamentos está diretamente relacionado ao sucesso da empresa.

Ao manter uma visão clara e precisa dos ativos, as organizações podem dimensionar corretamente sua infraestrutura e dinamizar os processos críticos, como: aquisição, planejamento, orçamento, manutenção, operação e descarte.

Em manutenção, redução de custos não implica em degradação dos serviços, mas sim na integração com a operação e no controle mais adequado da gestão da manutenção. Só pode haver integração e controle se houver informação precisa, atualizada, bem apresentada e de fácil acesso.

Na maior parte dos casos, por não haver como obter informações valiosas em sistemas manuais de processamento de dados, empresas de todos os portes têm procurado sistemas de informações computadorizados para administrar os processos de manutenção. Desta forma, estarão

caminhando para alcance dos seus objetivos estratégicos e, estarão assim, melhor preparadas para lidar com os constantes desafios de um mercado competitivo e importante avanço na busca da excelência.

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um programa computacional para manutenção econômica de equipamentos móveis de mineração, que utiliza modelos matemáticos baseados em engenharia econômica para encontrar a vida econômica ideal e realizar previsões de custos de manutenção de um determinado equipamento em condições de operação estabelecidas.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um programa computacional para gerenciamento da manutenção econômica de equipamentos móveis de mineração.

1.2 Objetivos específicos

Em termos de objetivos específicos, pretende-se:

- Apresentar a metodologia utilizada para desenvolvimento do programa computacional, identificando suas principais características.
- Apresentar dados e critérios de mensuração de ativos que embasem as tomadas de decisão para que promovam o gerenciamento eficaz dos investimentos da empresa.
- Facilitar a manipulação da base de dados.
- Determinar a vida econômica de equipamentos.
- Determinar a melhor opção para substituição de equipamentos através de comparação direta entre equipamentos.
- Simular o desempenho econômico vital com variações de vida de componentes.
- Estimar custos de manutenção e de operação de ativos para elaboração de orçamento anual.

1.3 Justificativa

A necessidade das empresas buscarem constantemente níveis globais em seus processos e serviços, onde a sobrevivência depende de sua habilidade e rapidez de inovar e efetuar melhorias contínuas, reflete na utilização de ferramentas de gestão que influenciam diretamente no retorno produtivo de seus ativos, onde a manutenção industrial sendo uma área estratégica para determinadas organizações, via de regra, deverá apresentar resultados eficientes quando em operação.

As ferramentas de gestão econômica podem propiciar à empresa, através de dados históricos e conhecimento técnico, uma forma sistemática de gestão econômica. Isto viabiliza a determinação de ações prévias com a finalidade de otimizar o retorno sobre os ativos em ambiente de manutenção.

Com a incorporação de ferramenta de gerenciamento da manutenção econômica de ativos na rotina diária dos negócios, a organização pode obter economias de custos e melhorias de desempenho mensuráveis e sustentáveis em longo prazo. Tais conquistas, por sua vez, ajudam a maximizar a utilização e o desempenho dos ativos, melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a lucratividade e reduzir os riscos de operação.

Em setores com uso intenso dos ativos, comumente se determina como meta fundamental a utilização dos ativos de capital para fornecimento de serviços ao menor custo, com confiabilidade, eficiência e sustentabilidade. Sendo assim, a utilização de sistemas de gestão eficientes que potencializem a utilização dos recursos nos processos produtivos se traduz como condição fundamental para o desempenho organizacional.

O resultado gerado é capaz de contribuir com a qualidade do gerenciamento, através de informações que auxiliam na tomada de decisão, em que os diferenciais competitivos são de extrema importância para a sustentação da competitividade de uma empresa frente os desafios do mercado mundial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção industrial

A manutenção, como função estratégica das organizações é responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tendo importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção.

A importância da manutenção no âmbito industrial pode ser observada através da Figura 2.1.

Importância Crescente da Manutenção				
Segurança das pessoas, dos equipamentos e do patrimônio	Exigências Crescentes da Qualidade dos equipamentos e da manutenção em particular	Automação crescente	Esgotamento de matérias-primas	Deterioração da resistência ao desgaste dos equipamentos
Melhoria da qualidade de vida		Desenvolvimento tecnológico dos equipamentos	Preservação e proteção ambiental	Aumento dos custos de manutenção

Figura 2.1 – Importância crescente da manutenção (Adaptado de Kardec e Nascif, 2004)

2.1.1 Definições de manutenção

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (NBR 5462, 1994) define o termo manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Item é qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

Para (Moubay, 1997), “manter” significa continuar em um estado existente, ou seja, a manutenção é o conjunto de técnicas de atuação para que os ativos físicos (equipamentos, sistemas, instalações) cumpram ou preservem suas funções específicas.

(Slack *et al.*, 1997), por sua vez, observa que a “manutenção” é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas.

Esta abordagem enfatiza a prevenção e a recuperação de falhas, uma importante área de atuação da manutenção, embora se entenda que não envolve a sua completa amplitude.

Conforme (Xenos, 1998), manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, no nível de desempenho exigido.

(Monchy, 1989) comenta ainda sobre a lacuna deixada por grande parte das definições, ao não fazerem referência ao aspecto econômico envolvido na realização de uma manutenção eficiente, que deveria assegurar que suas atividades conduzissem a um custo global otimizado.

Para (Mirshawka e Olmedo, 1993) e (Tavares, 1999), manutenção é o conjunto de ações e recursos aplicados aos ativos para mantê-los nas condições de desempenho de fábrica e de projeto, visando garantir a consecução de suas funções dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados. Outros autores, como (Pinto e Xavier, 2001), salientam que a função da manutenção também é preservar o meio ambiente ou, como afirma (Moubray, 2000), garantir a segurança humana.

Como pode ser observada, a definição de manutenção envolve diversos aspectos. Observe-se a importância que os autores mencionados acima, e outros que tratam sobre o assunto, dão à manutenção. Eles associam a manutenção a aspectos como disponibilidade, confiabilidade, função do sistema, desempenho mínimo, administração e supervisão da manutenção. Assim, pode-se defini-la como uma atividade gestora e executora, que visa garantir a disponibilidade e a confiabilidade de um item físico, de modo que as funções do sistema sejam mantidas num desempenho mínimo esperado, observando a segurança humana e a integridade ambiental.

2.1.2 Métodos de manutenção

Os métodos de manutenção expressam a maneira pela qual é realizada a intervenção nos equipamentos, nos sistemas ou nas instalações. Na literatura técnica, também são descritos como políticas de manutenção. Podem ser observados na Figura 2.2.

É importante frisar que há um grande número de variações na terminologia sobre os métodos de manutenção. No presente trabalho, adota-se a terminologia utilizada pela maioria dos autores no que se refere à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).

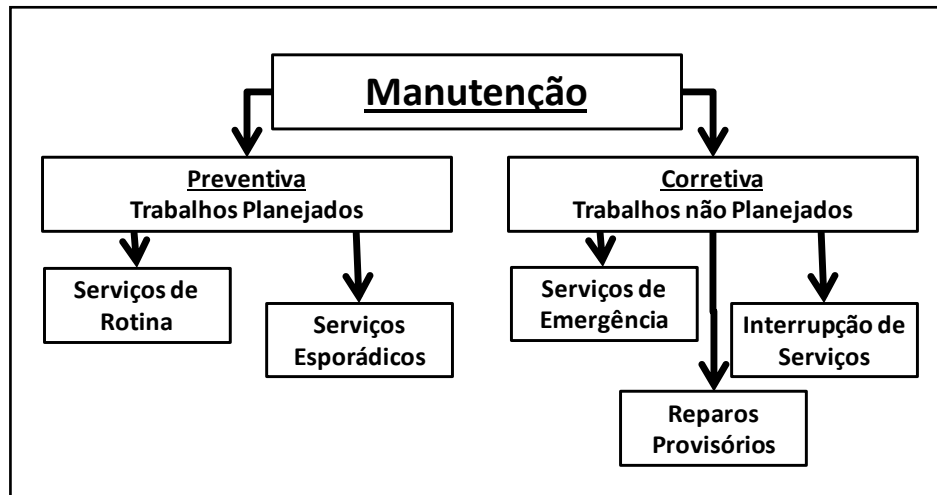


Figura 2.2 – Métodos de manutenção (Grom, 2010)

2.1.2.1 Manutenção corretiva

Conforme (Fitch, 1992), a manutenção corretiva é uma prática reativa de manutenção, cujo objetivo é manter a condição de integridade operacional e a viabilidade do sistema, após a ocorrência da falha. De acordo com a (NBR 5462, 1994), o termo manutenção corretiva pode ser definido como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Aqui, falha pode ser definida como a incapacidade de um item em desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante ações planejadas como, por exemplo, durante a manutenção preventiva.

Conforme as definições acima, a manutenção corretiva em máquinas e equipamentos só é efetuada após a falha de uma peça ou componente do sistema. Porém, para (Pinto e Xavier, 2001), a manutenção corretiva corresponde também àquela efetuada quando um defeito ou desempenho diferente do esperado ocorrer em um equipamento.

Associada a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos: paliativa, que compreende as intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de

colocar o equipamento em funcionamento, para, a seguir, executar o reparo definitivo; e curativa que compreende as intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à fruição requerida.

2.1.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva, por sua vez, é definida para a situação em que não se caracterizou um estado de falha. Sendo assim, essa forma de manutenção é aquela realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha. É uma intervenção de manutenção prevista, preparada ou programada com o intuito de prevenir o aparecimento da falha.

A atividade de manutenção preventiva sistemática é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, na medida em que é utilizado. Esse processo ocorre de modo mais acelerado se o equipamento for operado inadequadamente.

Por outro lado, caso a lei de degradação seja desconhecida, a manutenção preventiva definida na condição e no tempo, se subdivide respectivamente em preditiva ou por acompanhamento.

A manutenção preventiva preditiva ocorre quando se aplica supervisão contínua dos parâmetros de controle. Para (Nepomuceno, 1989), “manutenção preditiva ou monitoramento sob condição é a manutenção executada no momento adequado e antes que se processe o rompimento ou falha do componente”. Já a manutenção preventiva “por acompanhamento” é definida quando se utilizam inspeções ou rondas periódicas.

Na literatura técnica, também se encontra a denominação de técnicas preditivas e não de manutenção preditiva, por se entender que esta forma de atuação estaria englobada pela manutenção preventiva.

Teoricamente, a manutenção corretiva é aplicada como complemento residual à manutenção preventiva, pois qualquer que seja a natureza ou nível de prevenção executado, sempre existirá um grupo de falhas residuais que necessariamente irão exigir uma ação corretiva. Esta avaliação

também deve considerar o aspecto de custo envolvido, quando reparar corretivamente pode ser mais econômico que intervenções do tipo preventivas.

Para melhor ilustrar as formas de manutenção (Monchy, 1989) apresenta um diagrama, estruturado como um fluxo, onde com base em cada situação se define a forma de manutenção a ser adotada, conforme a Figura 2.3.

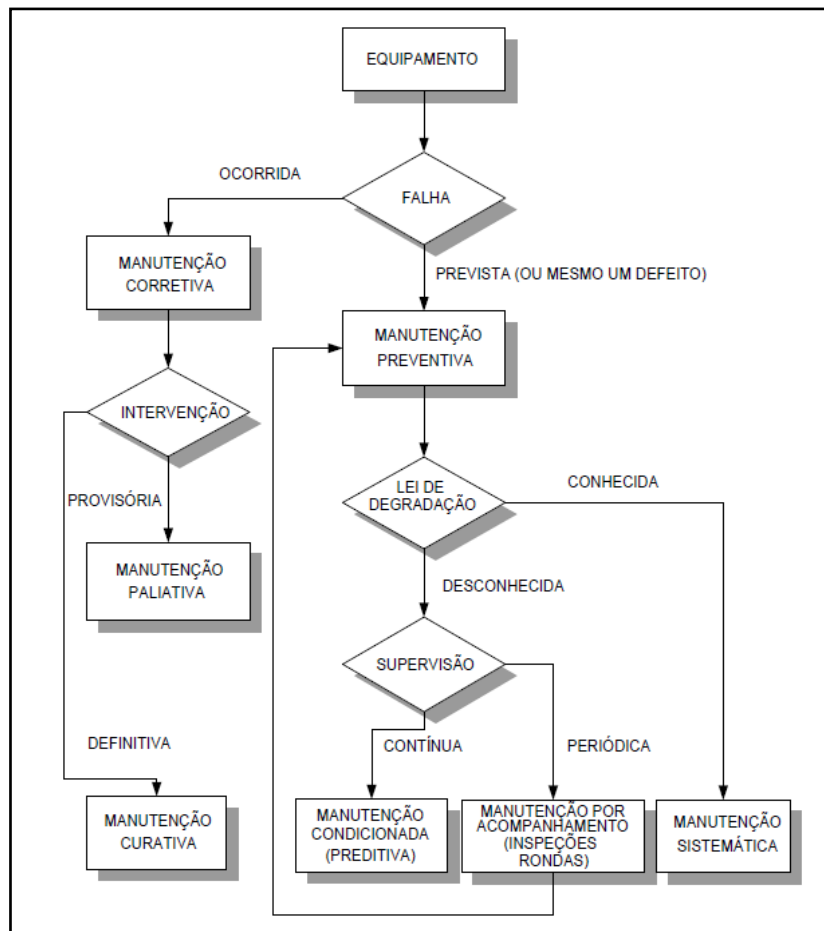


Figura 2.3 – Formas de manutenção (Monchy, 1989)

2.2 Gestão econômica de ativos

Por definição, Ativo é o bem destinado a manutenção da atividade econômica da empresa, seja na produção de riquezas ou no controle e administração da organização.

Através do desempenho de suas funções, a empresa encontra-se em um processo interativo contínuo com o meio ambiente, obtendo recursos, transformando-os em produtos e atendendo aos seus objetivos. Esse processo desenvolve-se a partir da interação entre seus subsistemas, ou seja, as pessoas (subsistema social), condicionadas por determinados princípios (subsistema institucional), ocupando determinados postos com autoridade e responsabilidade pré-definidas (subsistema formal), tomam decisões (subsistema de gestão) sobre recursos (subsistema físico), utilizando informações (subsistema de informação), para que a empresa alcance seu objetivo (Guerreiro, 1989).

Num ambiente global de intensas mudanças competitivas, a mensuração dos ativos, especificamente dos ativos físicos, requer a superação da rigidez dos custos históricos e da depreciação linear, próprios da contabilidade tradicional, e a adoção de critérios que permitam avaliar adequadamente a realidade econômica desses ativos (Catelli *et al.*, 2002). Ainda segundo os autores citados, o fluxo de resultados do investimento deve ser gerenciado durante toda a sua vida útil, desde o momento da tomada de decisão inicial até o momento final da decisão de desativação ou desinvestimento.

A gestão econômica, dentro da visão sistêmica, considera a empresa como um conjunto orgânico de áreas de responsabilidade, cujos gestores tomam decisões com vista ao resultado global da organização, em que busca, simultaneamente, contribuir para o desenvolvimento da ciência contábil e responder às necessidades atuais das empresas, desenvolvendo uma visão metodologicamente consistente e abrangente, que enfoca a organização sob os aspectos operacional-estrutural, econômico e gerencial de suas atividades.

Como sistema gerencial, a gestão econômica se caracteriza por uma visão holística da empresa, pela mensuração por conceitos econômicos de mercado e pelo enfoque na gestão de negócios, centrada nas decisões tomadas em cada evento empresarial.

Uma gestão eficiente é iniciada pelo processo de implantação de normas e procedimentos, que determinarão condutas a serem obedecidas quando do cumprimento das rotinas administrativas de aprovação, compra, entrada, registro, identificação e controle, bem como a responsabilidade física dos bens.

A gestão econômica integrada, em sua visão sistêmica, a adoção de critérios econômicos na mensuração das atividades da empresa e o enfoque de negócios como parâmetro de decisão para os seus gestores, na busca do resultado econômico de suas áreas de responsabilidade, consideradas centros de resultado, que objetivam o resultado otimizado do todo (Catelli *et al.*, 2002).

Partindo-se do conceito genérico de ativo como um gerador potencial de benefícios futuros, a identificação de ativos físicos, bem como sua distinção dos demais ativos é obtida considerando-se a diversidade dos impactos desses benefícios na consecução dos objetivos da organização. Assim, na visão sistêmica da empresa esses impactos podem ser visualizados sob os enfoques da gestão operacional, financeira, econômica e patrimonial, na medida em que contribuem para a eficácia da organização, na obtenção dos resultados presentes e futuros da empresa.

Sob o aspecto patrimonial, o ativo é considerado um estoque gerador de riqueza, provocando variações no valor do patrimônio da empresa através do tempo.

Sob o enfoque financeiro, os ativos físicos constituem investimentos de capital, geralmente de somas elevadas, de retorno incerto e de longo prazo, devendo esse risco ser considerado para efeito de remuneração do capital, bem como para a gestão da liquidez da empresa.

Do ponto de vista econômico, o ativo deve produzir um fluxo de benefícios futuros superiores ao fluxo de todos os custos, operacionais e financeiros, por ele ocasionados. O investimento em ativo físico é, portanto, um evento que, como todos os outros eventos da empresa, deve gerar um resultado positivo, como tal, contribuindo para o resultado do todo.

A contribuição do ativo para o resultado (margem) operacional obedece a variáveis de eficiência, flexibilidade e qualidade, determinadas pela sua interação com os demais subsistemas da empresa que atuam no ciclo produtivo. Essa margem é obtida reduzindo-se a valor presente os benefícios a serem gerados pelo ativo, líquidos dos custos de aquisição e de manutenção, onde os benefícios gerados são os serviços específicos que estes ativos desempenham dentro da operação da empresa, por exemplo, no caso de máquinas, dados pelo número de horas-máquina utilizados.

A gestão econômica de ativos é uma área que consiste em fornecer recursos e conhecimento para auxiliar no planejamento de aquisições, manutenções e descarte de ativos físicos (Hastings, 2010).

Por vezes, a manutenção é considerada um recurso sacrificado, diretamente identificado ao ativo e a ele inerente porque é condição de continuidade na sua identidade funcional e operacional. Do ponto de vista do capital investido, a manutenção constitui um desembolso adicional de capital, necessário para assegurar o valor do investimento, ou seja, sua capacidade sustentada de gerar fluxos positivos ao longo do tempo.

Não obstante, conforme (Brown e Yanuck, 1985), o conhecimento dos custos de manutenção é de extrema importância, uma vez que estes podem equivaler a várias vezes o custo de aquisição do ativo.

O investimento em ativos físicos impacta o resultado organizacional durante os vários anos da vida útil desse ativo. Esses impactos sucessivos constituem os fluxos de custos e receitas que ocorrerão no futuro, mas que podem ser projetados desde hoje, constituindo a base da decisão do investimento.

Dessa forma, na tomada de decisão de uma empresa, em exemplo, entre realizar a manutenção de um ativo danificado ou adquirir um ativo novo, é necessário conhecer os custos envolvidos em cada uma das etapas, ou seja, os custos de aquisição, operação, manutenção e descarte, de modo que a gestão econômica de ativos consiga passar uma visão global de todos os custos e auxiliar na tomada de decisão de uma empresa. Por isso, o custo compreendendo todas as fases é chamado de custo de ciclo de vida, em inglês *Life Cycle Cost (LCC)*, o qual consiste na metodologia para estimativa de custos reais dos ativos e também para gerir a vida econômica dos mesmos.

2.2.1 Estrutura de gestão econômica de ativos

As atividades e responsabilidades da gestão econômica de ativos impactam em diversas funções de uma empresa (departamento de manutenção, financeiro, contábil e engenharia). Isto ocorre de tal maneira que as finanças estariam responsáveis pelo orçamento dos projetos, a engenharia

pelas operações e manutenções a serem executadas nos ativos físicos, o contábil em relação às tributações referentes para cada ativo e, por último, o departamento comercial cuidando dos contratos (Cesca, 2012).

Assim, conforme citado pelo autor e ilustrado na Figura 2.4, a integração de todas essas áreas poderá dar início à gestão econômica de ativos, onde as principais etapas são:

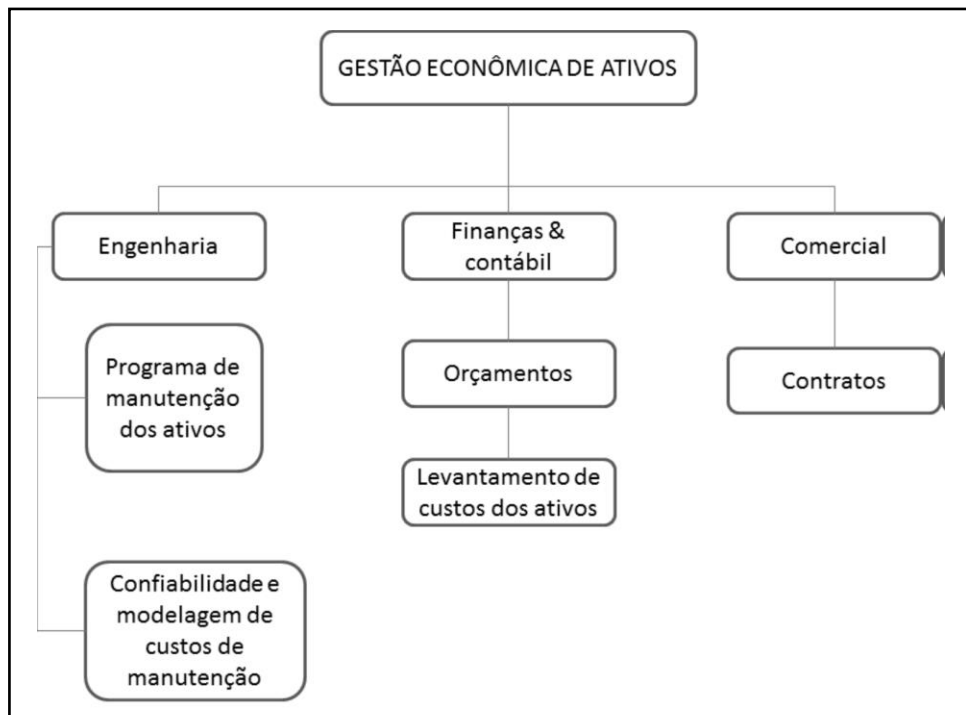


Figura 2.4 – Estrutura de organização da gestão de ativos (Cesca, 2012)

1) Identificação das principais necessidades da empresa: nessa etapa é importante entender as despesas da empresa, isto é, avaliar se os gastos com manutenção e aquisição de equipamentos estão elevados em comparação com as receitas.

2) Avaliação dos equipamentos: é importante avaliar as condições de operação e manutenção dos equipamentos. Para isso, é necessário checar se os equipamentos estão operando nas condições adequadas, e se a produção é consistente com a capacidade produtiva dos equipamentos. Além disso, verificar se as manutenções ocorrem, de fato, como o planejado.

3) Modelagem dos custos: nesta etapa é necessário modelar os custos de operação e manutenção ao longo do tempo, de modo que seja possível realizar previsões destes custos.

4) Monitoramento e revisão: convém sempre monitorar os custos dos ativos e analisar se a modelagem foi bem sucedida. E se não foi, realizar alterações, de modo que uma nova modelagem seja adequada ao comportamento dos custos de manutenção e operação dos ativos.

5) Descarte: com o passar dos anos, conforme os custos de manutenção forem aumentando, pode ocorrer a necessidade de substituir os equipamentos. Além desta situação, deve ser observado que a substituição pode ocorrer por razões de outra natureza, tais como tecnológicas, regulatórias, contratuais, entre outras.

Atualmente as principais responsabilidades da área de gestão econômica de ativos são:

- Previsão e tendências de demandas de serviços
- Previsão e tendências de custos de manutenção e operação
- Administração financeira de capital
- Estratégias de aquisição de ativos físicos
- Substituição de equipamentos em operação
- Inovação tecnológica e obsolescência de ativos
- Análise de risco de produção e confiabilidade das condições de operação dos equipamentos

Para se aplicar a gestão econômica de ativos nas empresas é necessário ter um bom conhecimento dos ativos físicos. Para isso, convém saber desde a localização destes na empresa, bem como os valores de mercado atuais e futuros, além disso, suas utilidades para empresa, as atuais condições de operação, o tempo de uso de cada um deles, o tempo esperado em que devem continuar em funcionamento, manutenções futuras e custos e, por último, inovações tecnológicas que estão para surgir em relação aos ativos.

2.2.2 Formação do custo de aquisição de bens

O custo de aquisição compreenderá todos os valores pagos até o bem ser colocado em condições de uso, entretanto, os tributos pagos devem ser analisados em relação aos seus efeitos finais.

Conforme o pronunciamento do IBRACON (Instituto dos Auditores Independentes do Brasil) em 2001, são considerados como componentes do custo de aquisição “seu valor de compra, incluindo custos de desembaraço alfandegário e impostos não restituíveis sobre a compra, e quaisquer custos diretamente atribuíveis para colocar o ativo em condições operacionais para o uso pretendido; quaisquer descontos comerciais e abatimentos são deduzidos para chegar ao valor da compra”.

2.2.3 Depreciação de bens

A depreciação de bem pode ser conceituada como o modo pelo qual se registra, contabilmente, a diminuição do valor do ativo imobilizado resultante do desgaste pelo uso, pela ação da natureza, perecimento ou obsolescência normal.

O valor depreciável de um bem deve ser apropriado numa base sistemática durante sua vida útil econômica. À medida que os bens são utilizados nas operações, o valor contábil do ativo é reduzido para refletir esse benefício econômico, gerando uma despesa de depreciação. A depreciação deve ser registrada mesmo que o valor justo do ativo exceda o seu valor contábil.

A Instrução Normativa SRF 162/98, alterada posteriormente pela Instrução Normativa SRF 130/99, relacionou alguns bens de acordo com a NCM (Nomenclatura Comum do MERCOSUL), e definiu seus respectivos prazos de vida útil e taxas de depreciação, porém, é importante considerar os seguintes fatores ao determinar a vida útil econômica:

- Uso esperado do bem pela empresa, avaliado com a capacidade de produção;
- Desgaste físico esperado, que depende de fatores operacionais, tais como número de turnos que exigem a sua utilização;
- Obsolescência tecnológica resultante de mudanças ou aperfeiçoamento na produção;
- Limites legais ou semelhantes sobre o uso do bem, tais como datas de expiração de arrendamentos, dentre outras.

2.3 Conceitos contábeis

Na gestão econômica de ativos em uma empresa, a contabilidade interpreta as situações patrimoniais, financeiras e econômicas a fim de contribuir para o controle e planejamento da utilização dos ativos ao longo de sua vida útil. Em relação ao controle, este pode ser conceituado como “um processo pelo qual a alta administração de uma empresa se certifica de que a organização está agindo em conformidade com os planos e políticas traçados” (Iudícibus, 2008), enquanto que o planejamento é o processo de decidir quais ações serão tomadas no futuro.

2.3.1 Ativo imobilizado

Ativo Imobilizado é definido como um ativo que é destinado ao uso da empresa, de modo que contribua para o processo operacional, podendo ou não ser vendido posteriormente.

2.3.2 Amortização

Na metodologia de LCC, a amortização está relacionada a última etapa do processo de descarte dos ativos. Sendo que nesta etapa, os ativos possuem um valor inferior ao de aquisição. Este valor é chamado de valor residual.

A diferença entre o valor de aquisição e o valor residual é uma despesa para a empresa, logo, convém recuperar essa quantidade investida para que ela obtenha lucro. A recuperação desse dinheiro é o processo de amortização.

2.3.3 Depreciação de ativos

A partir do conceito de amortização, define-se o conceito de depreciação. Em contabilidade, segundo (Iudícibus, 2008), “depreciação é um custo amortizado”.

Sendo assim, a depreciação é uma função de deterioração física, obsolescência e mudanças no mercado do ativo em questão. A deterioração ocorre em função da idade, do uso e da preservação do ativo ao longo do tempo, enquanto a obsolescência e mudanças no valor de mercado ocorrem devido ao surgimento de novas tecnologias e produtos (Cesca, 2012).

Existem diversos métodos para calcular taxas e períodos de amortização. Sendo o modelo mais simples de depreciação e mais adequado, o método linear, pois adota uma modelagem matemática mais elementar. Ele não se baseia em valores futuros e não chega a considerar nenhuma variável macroeconômica. Este método é mais utilizado para fins de contabilidade.

No Método Linear, também conhecido como Cotas Fixa, são dados o valor inicial do ativo V , a vida útil estimada n e o valor residual S do ativo. Logo, a depreciação D é dada através da EQ. 2.1.

$$D = (V - S) / n \quad (2.1)$$

O valor da depreciação D é constante ao longo da vida útil do ativo.

2.3.4 Cálculo do imposto de renda e benefício fiscal

Neste capítulo será discutido como se calcula o imposto de renda para um ativo físico. Antes disso, define-se a seguinte nomenclatura:

LT, Lucro tributável

D, Depreciação

IR₁, Imposto de renda sem depreciação

IR₂, Imposto de renda com depreciação

Δ IR, Variação entre IR₁ e IR₂

Tal que:

$$\Delta IR = | IR_1 - IR_2 | \quad (2.2)$$

P, Alíquota do imposto de renda *

* Considera-se a alíquota de imposto de renda para ativos físicos de 25%.

δ , Taxa de depreciação

A, Custo de aquisição do ativo

B, Benefício fiscal

Tal que:

$$B = \Delta IR \quad (2.3)$$

Assim, define-se o imposto de renda sem depreciação, IR_1 , e o imposto de renda com depreciação, IR_2 , conforme a EQ. 2.4 e a EQ. 2.5, respectivamente:

$$IR_1 = P * LT \quad (2.4)$$

$$IR_2 = P * (LT - D) \quad (2.5)$$

Dadas ambas equações, calcula-se o valor de ΔIR , pela EQ. 2.6.

$$\Delta IR = |P * (LT - D) - (P * LT)| = P * D \quad (2.6)$$

Dessa maneira, percebe-se que a diferença entre imposto de renda com depreciação e sem depreciação é dado pelo produto entre a depreciação e a alíquota do imposto de renda. Consequentemente, como definido que a variação de imposto de renda é o benefício fiscal, na EQ. 2.7, logo:

$$\Delta IR = B = P * D \quad (2.7)$$

Agora, uma vez que a depreciação é função da taxa de depreciação e do custo de aquisição do ativo, tal que:

$$D = \delta * A \quad (2.8)$$

O benefício fiscal, na EQ. 2.8, pode ser reescrito da seguinte forma:

$$B = P * \delta * A \quad (2.9)$$

Por fim, dado o pouco retorno no benefício fiscal, a contabilidade não é utilizada no modelo de orientação de vida econômica desta dissertação.

2.4 Custo do ciclo de vida (*Life Cycle Cost - LCC*)

Análise de LCC é uma técnica de avaliação econômica que determina o custo total de aquisição, operação e descarte de um sistema sobre sua vida.

Ativos físicos empregados nas empresas são vulneráveis à depreciação física e funcional. Ambos os tipos de depreciação possuem a seguinte definição, conforme (Park, 2002):

- 1) Depreciação física, Esta pode ocorrer devido à deterioração do ativo pela utilização normal, má conservação, alterações na estrutura física e química, entre outras.

- 2) Depreciação funcional, Alterações na estrutura organizacional da empresa que resulta na não necessidade do ativo, ou ainda, no surgimento de inovação tecnológica, causando a obsolescência do ativo.

As principais consequências de ambas as depreciações são queda na produção, redução na disponibilidade e no desempenho, aumento das despesas de operação e manutenção, entre outros. Sendo assim, com o passar do tempo os ativos que apresentam essas características são repostos.

Contudo, de uma maneira geral, com as devidas manutenções feitas, os ativos podem ser mantidos por muito mais tempo que sua natureza física permite. Porém, para isso ser possível, tem que se pagar um preço elevado, algo que nem sempre as empresas estão dispostas a arcar.

Como as máquinas e equipamentos do setor industrial comumente apresentam custos de aquisição e de manutenção bastante elevados, conseqüentemente, as empresas são forçadas a se preocuparem com a vida útil e com a sua utilização, a fim de conter as despesas. Dessa maneira, a aquisição de um equipamento não deve ser decidida mediante o custo inicial, mas por meio de um estudo sobre a vida econômica útil deste equipamento, que leva em conta as despesas de manutenção e operação, (Dhillon, 2010).

O conceito de vida econômica de um ativo físico se refere ao período de utilização do equipamento de modo que a soma do custo de capital e dos custos de manutenção seja mínima em períodos equivalentes, simplificando, em outras palavras, é o momento em que as despesas envolvendo o ativo são mínimas, conforme ilustra a Figura 2.5.

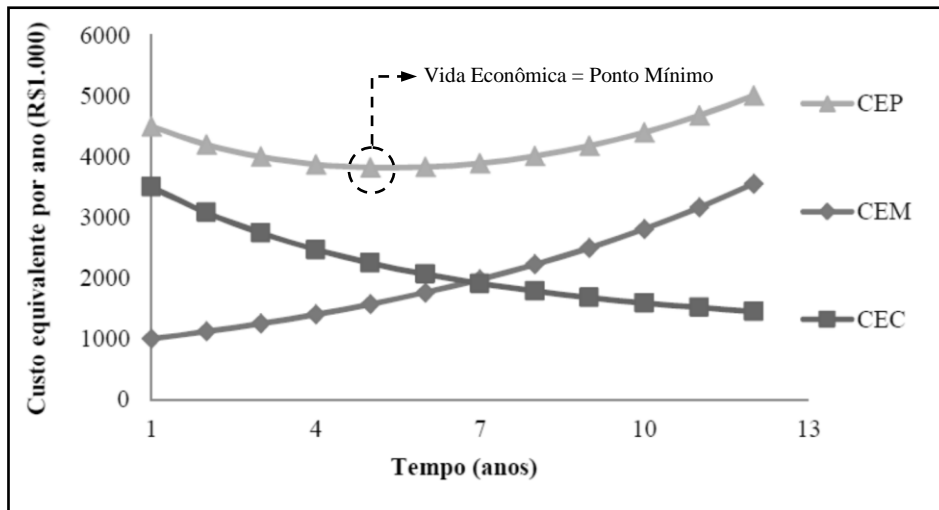


Figura 2.5 – Modelo para estimativa de vida econômica (Cesca, 2012)

CEP, Custo Equivalente de Propriedade

CEM, Custo Equivalente de Manutenção

CEC, Custo Equivalente de Capital

Ocorre que o custo de capital é definido como o custo de aquisição do ativo subtraído de seu valor residual, levando em conta a devida taxa de desconto, ou seja, o custo de aquisição amortizado ao longo do tempo. Já os custos de manutenção são todas as despesas gastas para manter o ativo funcionando normalmente ao longo do tempo.

Por causa disso, se o ativo for mantido por um período maior que a vida econômica, as despesas de manutenção serão muito maiores, enquanto que se o ativo for trocado antes de atingir a vida econômica, o custo de capital não terá sido amortizado suficientemente, logo, parte do investimento na aquisição do ativo será perdida. Por isso, os ativos físicos em geral são sempre utilizados por um tempo limitado.

Para que nem a substituição tardia ou a substituição prematura ocorram, existe a técnica de custo de ciclo de vida (LCC) de equipamentos, a qual é o somatório de todas as despesas ocorridas durante a vida útil de um ativo físico. Isso envolve identificar as principais causas dos custos de aquisição, operação, manutenção e descarte. O objetivo da metodologia de LCC é determinar o melhor momento, entre diversas alternativas, para descartar o ativo (e substituir por um novo), de forma que o menor custo de propriedade seja atingido no longo prazo, (Barringer, 1998). Em suma, é minimizar os elevados custos no ciclo de vida dos produtos sem comprometer a qualidade para atender as exigências dos clientes, em que, conseqüentemente, pode-se avaliar a importância de se buscar alternativas com base nos custos do ciclo de vida do ativo, (Yoshitake, 2002).

A técnica de custo do ciclo de vida objetiva incrementar a visibilidade dos custos totais na realização de um negócio e sinalizar as áreas onde podem ser aperfeiçoadas as aplicações de recursos, (Wilson, 1983). Discute, o citado autor, que o benefício esperado dessa técnica é a apresentação dos custos incrementais totais durante todo o período de vida de um ativo, o que permite analisar as partes do todo onde a eficácia do custo possa ser aperfeiçoada.

A análise do custo do ciclo de vida é adotada como técnica para avaliar o custo total de um ativo durante a sua vida útil, e considera como elementos mais frequentemente, incluídos nos custos do ciclo de vida, os seguintes: custos iniciais de aquisição; custos de substituição; custos de manutenção; custos de operação; custos de energia; impostos; custos de seguro; empréstimos e custo de juros; renda produzida; valor de depreciação; custo de distribuição. Desses elementos de custo do ciclo de vida, a renda produzida e o valor de depreciação representam valores disponíveis para o proprietário, os demais constituem despesas para este último.

As desvantagens deste processo são referentes ao tempo gasto para levantar os dados de custos e também a possível falta de precisão destes dados.

2.5 Custos de manutenção

O conhecimento da curva de custo de manutenção não é simples, pois envolve muito trabalho empírico que deve ser realizado para cada um dos equipamentos individualmente. Embora

difícil, torna-se necessário o conhecimento da curva de custo de manutenção de equipamentos, de modo que seja possível quantificar a relação entre as variáveis e realizar previsões no sentido de melhorar a gestão econômica de ativos.

Para o presente trabalho, a curva de manutenção dos equipamentos foi elaborada com base nos gastos determinados pelo plano de manutenção (manutenção preventiva) dos ativos, custo com reforma de componentes e custo adicional com manutenções corretivas.

2.6 Modelo para determinação da vida econômica

Os conceitos básicos que devem ser considerados num modelo para determinação de vida econômica e reposição de ativos físicos são:

- Custo de aquisição de capital
- Custo de manutenção de ativos
- Custo de operação
- Depreciação, imposto de renda e benefício fiscal

O custo de aquisição de capital é referente à compra de ativos. Além disso, este custo cobre os gastos de frete, instalação e treinamento. Esse tipo de custo também é chamado de custo inicial ou custo de investimento.

Em contrapartida ao custo de aquisição de capital, o custo de manutenção de ativos ocorre ao longo de toda a vida econômica dos ativos. Nessa categoria estão os custos com manutenção preventiva (lubrificação), reparos corretivos, reforma de componentes, entre outros referentes ao ativo.

O custo operacional de ativos, no presente caso equipamentos móveis de mineração, contempla os custos relativos ao consumo de combustível e ao consumo de pneus.

Por último, a depreciação fiscal, consiste de tomar o amortizado ao longo da vida útil do ativo, de modo que no cálculo de apuração do imposto de renda seja possível a geração de benefício fiscal.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do programa para gerenciamento da manutenção econômica de ativos é baseado em cálculos de simulação do desempenho financeiro de equipamentos móveis de mineração.

O estudo aborda uma frota de 6 caminhões fora-de-estrada com capacidade de transporte entre 65 e 181 toneladas, sendo 4 caminhões mecânicos e 2 caminhões diesel-elétricos:

- Caminhão Mecânico 65 ton
- Caminhão Mecânico 97 ton
- Caminhão Mecânico 136 ton
- Caminhão Diesel-Elétrico 136 ton
- Caminhão Mecânico 181 ton
- Caminhão Diesel-Elétrico 181 ton

Os nomes comerciais não foram citados no trabalho com o objetivo de manter a discrição dos dados informados pela empresa.

O programa foi desenvolvido através do editor de planilhas eletrônicas Microsoft Office Excel. Seus recursos incluem uma interface intuitiva e ferramentas de cálculo. A seleção desta plataforma ocorreu por dois fatores principais: armazenamento de informações organizadas para controle de banco de dados e facilidade de manipulação e dotar da ferramenta computacional VBA (Visual Basic for Applications), uma linguagem técnica de programação que simplifica e facilita a manipulação dos dados através de interface gráfica.

A escolha do nome para o programa tem como critério a utilização das letras iniciais do termo **G**estão **E**conômica da **M**anutenção. Portanto, o programa desenvolvido foi denominado **GEMan**.

A Figura 3.1 mostra a imagem da janela de introdução ao programa GEMan.



Figura 3.1 – Janela de introdução ao programa

A Figura 3.2 mostra a imagem da janela de acesso ao programa GEMan.

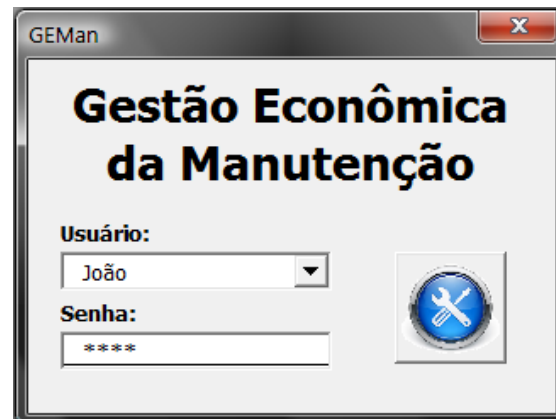


Figura 3.2 – Janela de acesso ao programa

O acesso dos usuários ao programa é realizado através de cadastro prévio e utilização de senha, conforme ilustrado na Figura 3.2. A inclusão de nomes e senhas pode ser feita pelo administrador do programa.

O programa computacional GEMan foi desenvolvido baseado em 4 ferramentas de gestão e simulação: Banco de Dados, LCC - Custo Vital, Orçamento Anual e Comparação de Equipamentos, conforme a Figura 3.3.



Figura 3.3 – Guias das ferramentas de gestão do programa

3.1 Banco de Dados

A guia de gestão do Banco de Dados permite visualizar e gerenciar todas as informações dos custos dos equipamentos estudados, assim como informações operacionais necessárias.

Conforme citado no item 2.5, para o presente estudo, a curva de manutenção dos equipamentos foi elaborada com base nos gastos determinados pelo plano de manutenção (manutenção preventiva), custo com reforma de componentes e custo adicional com manutenções corretivas. Dos custos operacionais foram considerados os gastos com consumo de combustível e consumo de pneu que estão diretamente relacionados ao desempenho operacional de cada equipamento.

A veracidade e precisão das informações dos equipamentos contidas no banco de dados são de extrema importância para as simulações e análises das etapas posteriores.

A Figura 3.4 mostra a imagem da guia de gestão do Banco de Dados.

Na guia de Gestão de Base de Dados, tem-se a divisão em: Seleção de Equipamento, Dados do Equipamento, Custo dos Componentes e Custo das Manutenções.

GEMan

Banco de Dados | LCC - Custo Vital | Orçamento Anual | Comparação de Equipamentos

Seleção de Equipamento

CAM MECÂNICO 181 TON

Dados do Equipamento

Val. do Equipamento [R\$]: 8,750,000.00

Produtividade [ton/HT]: 160.0

Vida Útil do Pneu [HT]: 6,000

Valor do Pneu [R\$]: 80,000.00

Cons. de Combustível [l/HT]: 100.0

Val. do Combustível [R\$/l]: 1.73

Custo dos Componentes

Motor Diesel [R\$]: 7.90%

Conv. de Torque [R\$]: 0.58%

Transmissão [R\$]: 2.03%

Diferencial [R\$]: 0.69%

Comando Final [R\$]: 2.69%

Custo das Manutenções

	MP	MC		MP	MC
0 - 5.000 [R\$]:	0.954%	0.811%	40.000 - 45.000 [R\$]:	1.201%	3.106%
5.000 - 10.000 [R\$]:	1.066%	0.999%	45.000 - 50.000 [R\$]:	1.101%	3.423%
10.000 - 15.000 [R\$]:	1.335%	1.398%	50.000 - 55.000 [R\$]:	1.208%	4.542%
15.000 - 20.000 [R\$]:	0.967%	1.145%	55.000 - 60.000 [R\$]:	1.046%	4.783%
20.000 - 25.000 [R\$]:	1.342%	1.818%	60.000 - 65.000 [R\$]:	1.342%	5.507%
25.000 - 30.000 [R\$]:	1.046%	1.640%	65.000 - 70.000 [R\$]:	1.066%	5.317%
30.000 - 35.000 [R\$]:	1.208%	2.217%	70.000 - 75.000 [R\$]:	1.335%	6.293%
35.000 - 40.000 [R\$]:	1.200%	2.602%	75.000 - 80.000 [R\$]:	0.967%	6.106%

Figura 3.4 – Guia de gestão do banco de dados

3.1.1 Seleção de Equipamento

A Figura 3.5 mostra a imagem da seção de seleção de equipamento.

Nesta seção é feita a seleção do equipamento que se deseja avaliar. Deve-se escolher um equipamento dentre os seis ativos disponíveis no programa. Após a seleção, as informações do equipamento serão exibidas no campos da guia, conforme ilustra a Figura 3.4.

O comando “Alterar” realiza e alteração de uma ou mais informações modificadas pelo usuário nos campos das seções da guia de gestão do Banco de Dados.

O comando “Restaurar” restitui todas as informações originais do banco de dados do equipamento selecionado.

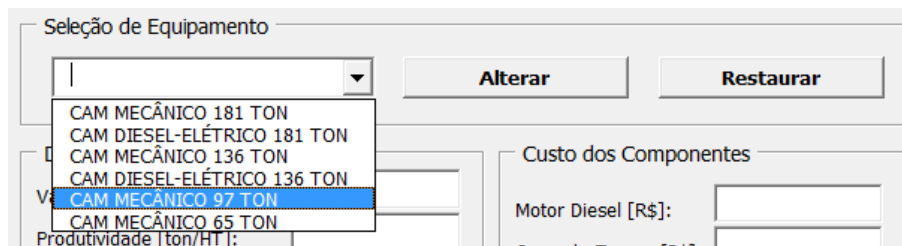


Figura 3.5 – Seleção de equipamento

3.1.2 Dados do Equipamento

A Figura 3.6 mostra a imagem da seção dos dados do equipamento.

Dados do Equipamento	
Val. do Equipamento [R\$]:	8,750,000.00
Produtividade [ton/HT]:	160.0
Vida Útil do Pneu [HT]:	6,000
Valor do Pneu [R\$]:	80,000.00
Cons. de Combustível [l/HT]:	100.0
Val. do Combustível [R\$/l]:	1.73

Figura 3.6 – Dados do equipamento

Na seção Dados do Equipamento, são exibidas as seguintes informações do equipamento selecionado: Valor do Equipamento, Produtividade, Vida Útil do Pneu, Valor do Pneu, Consumo de Combustível e Valor do Combustível.

Os dados Valor de Equipamento, Valor do Pneu e Valor do Combustível expressam os custos dos objetos determinados em negociação através da área empresarial de suprimento com os fornecedores.

Os dados Produtividade, Vida Útil do Pneu e Consumo de Combustível expressam informações operacionais que podem ser obtidas através de dois modos:

- Histórico dos equipamentos existentes na empresa que contemplam as condições operacionais reais.

- Informações de fornecedores.

3.1.3 Custo dos Componentes

A Figura 3.7 mostra a imagem da seção de custos dos componentes.

Custo dos Componentes	
Motor Diesel [R\$]:	7.90%
Conv. de Torque [R\$]:	0.58%
Transmissão [R\$]:	2.03%
Diferencial [R\$]:	0.69%
Comando Final [R\$]:	2.69%

Figura 3.7 – Custos dos componentes

Na seção Custo dos Componentes, são exibidos os valores de reforma dos componentes, obtidos através do histórico dos equipamentos existentes na empresa.

A representação dos custos dos componentes estão de forma relativa ao valor de aquisição do equipamento. Exemplo: sendo o custo de aquisição do “Caminhão Mecânico 181 ton” de R\$ 8.750.000,00 e o custo de reforma do “Motor Diesel” de R\$ 691.250,00, este custo de reforma do componente representa 7,90% do valor de aquisição do equipamento.

3.1.4 Custo das Manutenções

A Figura 3.8 mostra a imagem da seção dos custos das manutenções.

Na seção Custo das Manutenções são exibidos os custos de Manutenção Preventiva (MP) e Manutenção Corretiva (MC) por períodos de 5.000 Horas de Trabalho (HT) que equivalem a aproximadamente um ano de operação. Os custos das manutenções preventivas são obtidos com base nos gastos determinados pelo plano de manutenção do equipamento, enquanto os custos das manutenções corretivas consideram o histórico dos equipamentos existentes na empresa.

Custo das Manutenções					
	MP	MC		MP	MC
0 - 5.000 [R\$]:	0.954%	0.811%	40.000 - 45.000 [R\$]:	1.201%	3.106%
5.000 - 10.000 [R\$]:	1.066%	0.999%	45.000 - 50.000 [R\$]:	1.101%	3.423%
10.000 - 15.000 [R\$]:	1.335%	1.398%	50.000 - 55.000 [R\$]:	1.208%	4.542%
15.000 - 20.000 [R\$]:	0.967%	1.145%	55.000 - 60.000 [R\$]:	1.046%	4.783%
20.000 - 25.000 [R\$]:	1.342%	1.818%	60.000 - 65.000 [R\$]:	1.342%	5.507%
25.000 - 30.000 [R\$]:	1.046%	1.640%	65.000 - 70.000 [R\$]:	1.066%	5.317%
30.000 - 35.000 [R\$]:	1.208%	2.217%	70.000 - 75.000 [R\$]:	1.335%	6.293%
35.000 - 40.000 [R\$]:	1.200%	2.602%	75.000 - 80.000 [R\$]:	0.967%	6.106%

Figura 3.8 – Custos das manutenções

A representação dos custos das manutenções estão de forma relativa ao valor de aquisição do equipamento, conforme exemplo demonstrado anteriormente.

3.2 LCC - Custo Vital

A guia LCC - Custo Vital permite simular e visualizar todos os custos incidentes no equipamento ao longo da vida operacional dos equipamentos estudados.

A Figura 3.9 mostra a imagem da guia LCC - Custo Vital.

Na guia LCC - Custo Vital, tem-se a divisão em: Seleção de Equipamento, Vida Útil dos Componentes, LCC - Custo do Ciclo de Vida e Resumo.

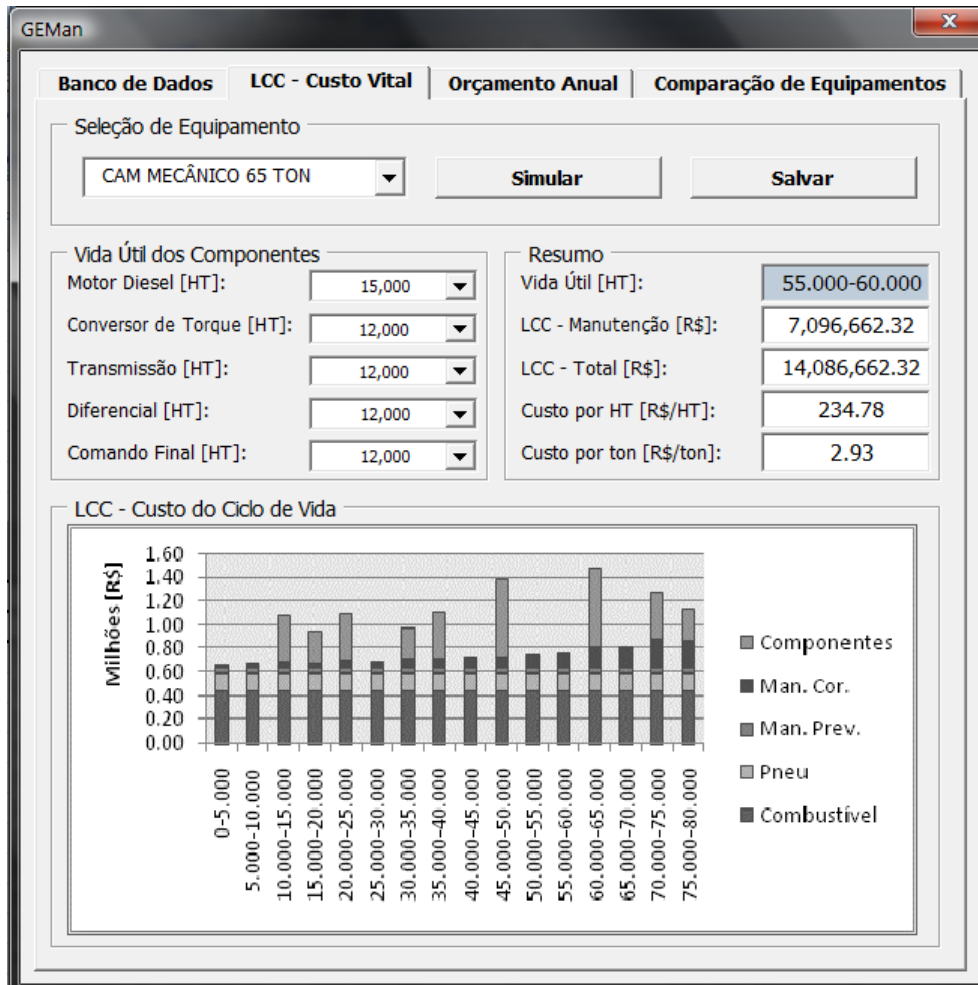


Figura 3.9 – Guia LCC, custo vital

3.2.1 Seleção de Equipamento

A Figura 3.10 mostra a imagem da seção de seleção do equipamento.

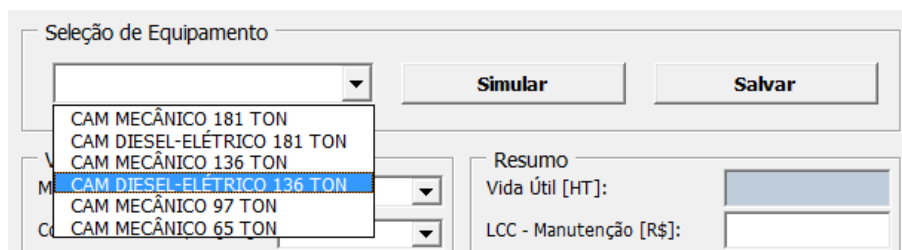


Figura 3.10 – Seleção de equipamento

Nesta seção é feita a seleção do equipamento que se deseja avaliar. Deve-se escolher um equipamento dentre os seis ativos disponíveis no programa. Após a seleção, as informações da

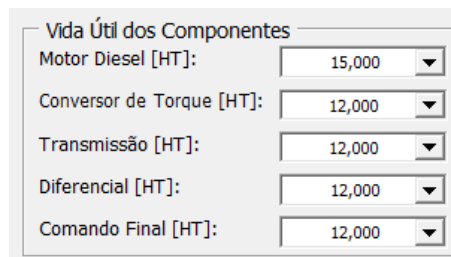
seção Vida Útil dos Componentes serão exibidas nos campos correspondentes, conforme ilustra a Figura 3.9.

O comando “Simular” permite a simulação do custo de vida do ativo tendo como base as informações contidas no banco de dados do programa. É responsável pela geração dos resultados econômicos e do gráfico.

O comando “Salvar” realiza o registro de uma ou mais informações modificadas pelo usuário nos campos da seção Vida Útil dos Componentes.

3.2.2 Vida Útil dos Componentes

A Figura 3.11 mostra a imagem da seção de vida útil dos componentes.



Vida Útil dos Componentes	
Motor Diesel [HT]:	15,000
Conversor de Torque [HT]:	12,000
Transmissão [HT]:	12,000
Diferencial [HT]:	12,000
Comando Final [HT]:	12,000

Figura 3.11 – Vida útil dos componentes

Na seção Vida Útil dos Componentes, são exibidas as informações de vida útil média do equipamento selecionado, conforme ilustra a Figura 3.11.

Os dados expressam informações operacionais, em Horas de Trabalho (HT), que idealmente devem ser obtidas através de histórico dos equipamentos existentes na empresa que contemplam as condições operacionais reais.

As informações de vida dos componentes exibidas inicialmente são extraídas do banco de dados no momento da seleção do equipamento que se deseja avaliar. É permitido registrar informações alteradas através do comando “Salvar”.

Através dos campos desta seção, é permitido ao usuário do programa simular os resultados econômicos do equipamento para diferentes vidas de seus componentes. Resultados estes que na prática estão intrinsecamente relacionados as condições de manutenção e de operação do equipamento.

3.2.3 LCC - Custo do Ciclo de Vida

A Figura 3.12 mostra o gráfico do custo de ciclo de vida do equipamento.

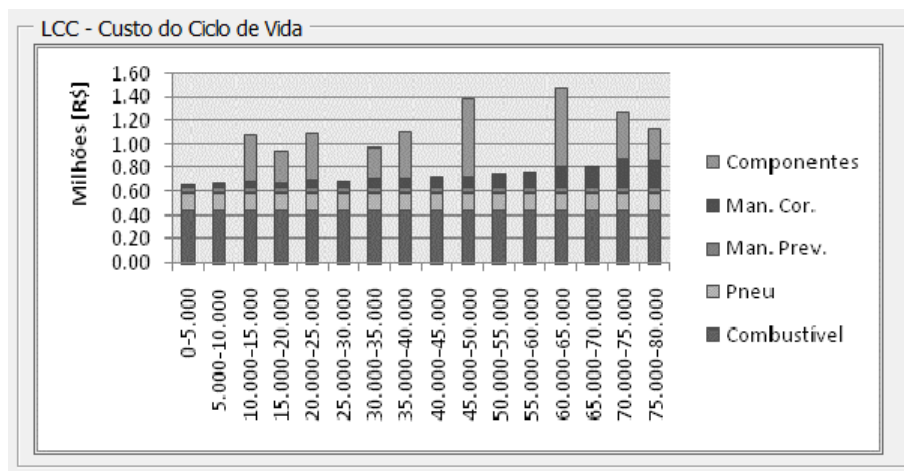


Figura 3.12 – Gráfico do custo de ciclo de vida

A seção LCC - Custo do Ciclo de Vida permite visualizar de forma gráfica o desempenho econômico do equipamento pelo período padrão de 80.000 HT, conforme Figura 3.12.

São expressos os custos correspondentes com Combustível, Pneu, Manutenção Preventiva, Manutenção Corretiva e Reforma de Componentes para cada período de 5.000 Horas de Trabalho.

Ao clicar no gráfico é permitido ao usuário visualizar o gráfico de forma expandida, conforme Figura 3.13.

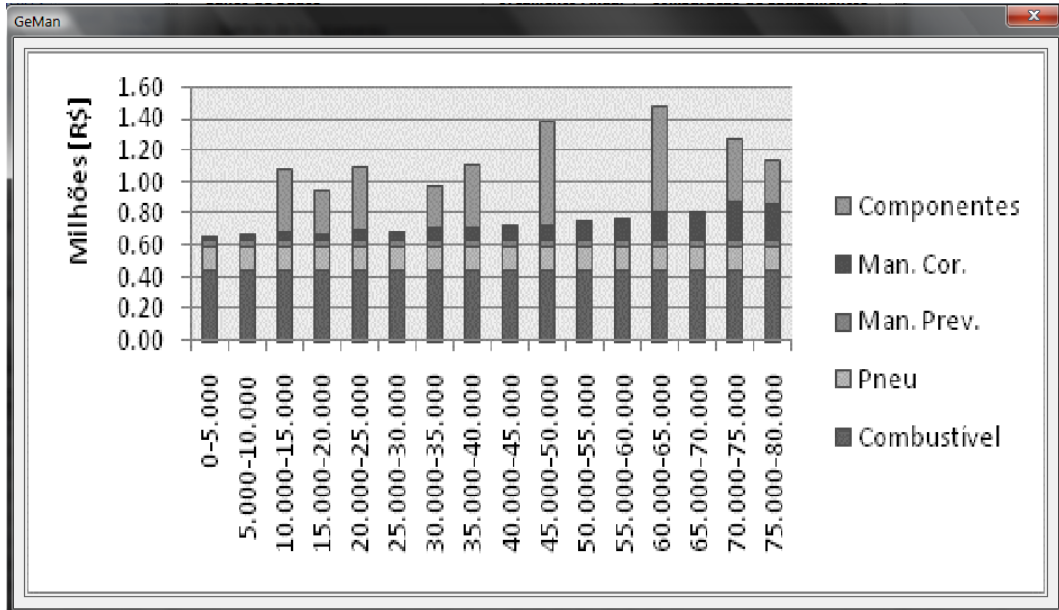


Figura 3.13 – Gráfico expandido do custo de ciclo de vida

3.2.4 Resumo

A Figura 3.14 mostra a imagem da seção do resumo econômico da simulação.

Resumo	
Vida Útil [HT]:	55.000-60.000
LCC - Manutenção [R\$]:	7,096,662.32
LCC - Total [R\$]:	14,086,662.32
Custo por HT [R\$/HT]:	234.78
Custo por ton [R\$/ton]:	2.93

Figura 3.14 – Resumo econômico da simulação

A seção Resumo apresenta os resultados econômicos do custo de vida do equipamento obtidos através da simulação.

O campo Vida Útil expressa em Horas de Trabalho (HT) a vida útil econômica ideal do ativo resultante da simulação das informações contidas na base de dados do equipamento. Conforme exposto no capítulo 2.4, o conceito de vida econômica de um ativo físico se refere ao período de utilização do equipamento de modo que a soma do custo de capital e dos custos de manutenção

seja mínima em períodos equivalentes, simplificando, em outras palavras, é o momento em que as despesas envolvendo o ativo são mínimas. Vide Figura 2.7.

O campo LCC - Manutenção, expressa a soma acumulada dos custos de aquisição e manutenção do equipamento para o período de vida útil resultante, informado no campo anterior.

O campo LCC - Total, além dos custos de aquisição e manutenção, também considera os custos operacionais do equipamento para o período de vida útil resultante.

O campo Custo por HT, expressa o resultado da divisão do valor do LCC - Total pelo limite superior da faixa de vida útil resultante, em resumo, o custo unitário para cada hora de trabalho do equipamento.

O campo Custo por ton, expressa o resultado da divisão do Custo por HT pela produtividade do equipamento, o custo unitário para cada tonelada transportada pelo equipamento.

Os três primeiros resultados são importantes para o conhecimento do desempenho econômico do ativo sob análise. Já os dois últimos são necessários para comparações com outros equipamentos.

3.3 Orçamento Anual

A guia Orçamento Anual permite estimar todos os custos incidentes no equipamento pelo período de 5.000 Horas de Trabalho (HT) que equivale a aproximadamente um ano de operação.

A Figura 3.15 mostra a imagem da guia Orçamento Anual.

Na guia Orçamento Anual, tem-se a divisão em: Seleção de Equipamento, Vida do Equipamento e Componentes, Gastos com Componentes, Gastos com Manutenção, Gastos Operacionais e Gasto Total.

GEMan

Banco de Dados | LCC - Custo Vital | Orçamento Anual | Comparação de Equipamentos

Seleção de Equipamento

CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 TON

Vida do Equipamento e Componentes

Equipamento [HT]: 31,000 Roda Motorizada LE [HT]: 15,000
 Motor Diesel [HT]: 12,000 Roda Motorizada LD [HT]: 4,000
 Alternador [HT]: 8,000

Gastos com Componentes

Motor Diesel [R\$]: 1,147,500.00
 Alternador [R\$]: 0.00
 Roda Motorizada LE [R\$]: 562,500.00
 Roda Motorizada LD [R\$]: 0.00
 Sub Total [R\$]: 1,710,000.00

Gastos com Manutenção

Man. Preventiva [R\$]: 51,403.89
 Man. Corretiva [R\$]: 232,360.35
 Sub Total [R\$]: 283,764.24

Gastos Operacionais

Pneu [R\$]: 420,000.00
 Combustível [R\$]: 778,500.00
 Sub Total [R\$]: 1,198,500.00

Gasto Total

Total [R\$]: 3,192,264.24

Figura 3.15 – Guia de orçamento anual

3.3.1 Seleção de Equipamento

A Figura 3.16 mostra a imagem da seção de seleção de equipamento.

Seleção de Equipamento

CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 TON

Vida do Equipamento

Equipamento: CAM MECÂNICO 181 TON
 CAM DIESEL-ELÉTRICO 181 TON
 CAM MECÂNICO 136 TON
 CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 TON
 CAM MECÂNICO 97 TON
 CAM MECÂNICO 65 TON

Motor Diesel [HT]:

Roda Motorizada LE [HT]:

Roda Motorizada LD [HT]:

Figura 3.16 – Seleção de equipamento

Nesta seção é feita a seleção do equipamento que se deseja avaliar. Deve-se escolher um equipamento dentre os seis ativos disponíveis no programa. Após a seleção, as informações da

seção Vida do Equipamento e Componentes serão habilitadas conforme cada modelo de equipamento, seja mecânico ou diesel-elétrico.

O comando “Calcular” permite orçar o custo de vida do ativo pelo período consequente de 5.000 Horas de Trabalho (HT) tendo como base as informações contidas no banco de dados do programa em conjunto com as informações atuais do equipamento, informadas pelo usuário. Após a execução do comando, todas as informações da seções da guia serão exibidas no campos correspondentes, conforme ilustra a Figura 3.15.

3.3.2 Vida do Equipamento e Componentes

A Figura 3.17 mostra a imagem da seção de vida do equipamento e dos componentes.

Vida do Equipamento e Componentes	
Equipamento [HT]:	31,000
Motor Diesel [HT]:	12,000
Alternador [HT]:	8,000
Roda Motorizada LE [HT]:	15,000
Roda Motorizada LD [HT]:	4,000

Figura 3.17 – Vida do equipamento e componentes

Na seção Vida do Equipamento e Componentes, são habilitadas as informações para seleção de vida real do equipamento selecionado e de seus componentes, conforme ilustra a Figura 3.17.

A inserção dos dados desta seção devem expressar as informações da vida, em Horas de Trabalho (HT), ou seja, qual o tempo de operação do equipamento e de seus componentes até o momento presente ou data futura a partir da qual se deseja avaliar.

3.3.3 Gastos com Componentes

A Figura 3.18 mostra a imagem da seção de gastos com componentes.

A seção Gasto com Componentes exibe os custos necessários com reforma de componentes pelo próximo período de operação de 5.000 Horas de Trabalho, obtidos através do cálculo dos dados informados pelo usuário na seção anterior.

Gastos com Componentes	
Motor Diesel [R\$]:	1,147,500.00
Alternador [R\$]:	0.00
Roda Motorizada LE [R\$]:	562,500.00
Roda Motorizada LD [R\$]:	0.00
Sub Total [R\$]:	1,710,000.00

Figura 3.18 – Gastos com componentes

O cálculo dos gastos com componentes considera as vidas atuais dos componentes informadas pelo usuário e as projetam para um período de 5.000 Horas de Trabalho. Com base nas informações de vida útil contidas no banco de dados, o programa retorna os custos dos componentes que terão necessidade de reforma no período orçado.

3.3.4 Gastos com Manutenção

A Figura 3.19 mostra a imagem da seção de gastos com manutenção.

Gastos com Manutenção	
Man. Preventiva [R\$]:	51,403.89
Man. Corretiva [R\$]:	232,360.35
Sub Total [R\$]:	283,764.24

Figura 3.19 – Gastos com manutenção

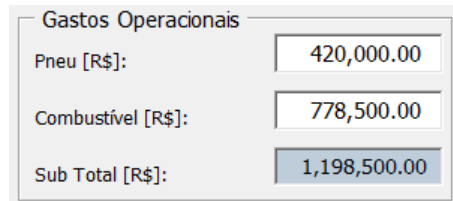
A seção Gastos com Manutenção exibe os custos necessários com manutenções preventiva e corretiva pelo próximo período de operação de 5.000 Horas de Trabalho, obtidos através do cálculo dos dados contidos no banco de dados.

O cálculo dos gastos com manutenção considera a vida atual do equipamento informada pelo usuário e a projeta para um período de 5.000 Horas de Trabalho. Com base nas informações de

custos das manutenções periódicas contidos no banco de dados, o programa retorna os custos com manutenção necessários no período orçado.

3.3.5 Gastos Operacionais

A Figura 3.20 mostra a imagem da seção de gastos operacionais.



Gastos Operacionais	
Pneu [R\$]:	420,000.00
Combustível [R\$]:	778,500.00
Sub Total [R\$]:	1,198,500.00

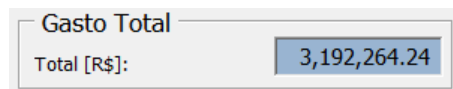
Figura 3.20 – Gastos operacionais

A seção Gastos Operacionais exibe os custos necessários com combustível e pneu pelo próximo período de operação de 5.000 Horas de Trabalho, obtidos através do cálculo dos dados contidos no banco de dados.

O cálculo dos gastos operacionais considera a vida atual do equipamento informada pelo usuário e a projeta para um período de 5.000 Horas de Trabalho. Com base nas informações de custos operacionais periódicos contidos no banco de dados, o programa retorna os custos operacionais necessários no período orçado.

3.3.6 Gasto Total

A Figura 3.21 mostra a imagem da seção de gasto total.



Gasto Total	
Total [R\$]:	3,192,264.24

Figura 3.21 – Gasto total

A seção Gasto Total exibe o somatório dos custos necessários com Componentes, Manutenções e Operacionais pelo período consequente de operação de 5.000 Horas de Trabalho.

3.4 Comparação de Equipamentos

A guia Comparação de Equipamentos permite selecionar e comparar os desempenhos econômicos de até três equipamentos diferentes.

A Figura 3.22 mostra a imagem da guia Comparação de Equipamentos.

The screenshot shows the 'Comparação de Equipamentos' window in the GEMan software. It features three tabs: 'Banco de Dados', 'LCC - Custo Vital', and 'Orçamento Anual', with 'Comparação de Equipamentos' selected. The interface is organized into three main sections:

- Seleção de Equipamentos:** Contains three dropdown menus for selecting equipment types: 'CAM MECÂNICO 97 TON', 'CAM MECÂNICO 136 TON', and 'CAM DIESEL-ELÉTRICO 13 TON'.
- Seleção de Parâmetros:** A table for inputting parameters for the three selected equipment types.

	CAM MECÂNICO 97 TON	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 TON
Produtividade [ton/HT]:	100.0	130.0	130.0
Vida Útil do Pneu [HT]:	6,000	6,000	5,000
Cons. de Comb. [l/HT]:	65.0	85.0	90.0
- Comparação de Resultados:** A table displaying calculated results for the three equipment types.

	CAM MECÂNICO 97 TON	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 TON
Vida Útil [HT]:	55.000-60.000	55.000-60.000	55.000-60.000
LCC - Manutenção [R\$]:	10,106,294.20	14,777,779.23	18,457,712.56
LCC - Total [R\$]:	19,853,294.20	27,800,779.23	32,839,712.56
Custo por HT [R\$/HT]:	330.89	463.35	547.33
Custo por ton [R\$/ton]:	3.31	3.56	4.21

Buttons for 'Comparar' and 'Salvar' are located below the parameter selection table.

Figura 3.22 – Comparação de equipamentos

Na guia Comparação de Equipamentos, tem-se a divisão em: Seleção de Equipamentos, Seleção de Parâmetros e Comparação de Resultados.

3.4.1 Seleção de Equipamentos

A Figura 3.23 mostra a imagem da seção de seleção de equipamentos.

Figura 3.23 – Seleção de equipamentos

Nesta seção é feita a seleção dos equipamentos que se deseja comparar. Deve-se escolher até três equipamentos dentre os seis ativos disponíveis no programa. Após a seleção, as informações da seção Seleção de Parâmetros serão exibidas nos campos correspondentes, conforme ilustra a Figura 3.22.

3.4.2 Seleção de Parâmetros

A Figura 3.24 mostra a imagem da seção de seleção de parâmetros.

	CAM MECÂNICO 97 TON	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM DIESEL- ELÉTRICO 136 TON
Produtividade [ton/HT]:	100.0	130.0	130.0
Vida Útil do Pneu [HT]:	6,000	6,000	5,000
Cons. de Comb. [l/HT]:	65.0	85.0	90.0

Figura 3.24 – Seleção de parâmetros

Na seção Seleção de Parâmetros são exibidas as informações operacionais dos equipamentos selecionados, conforme ilustra a Figura 3.24.

Os dados expressam informações operacionais que idealmente devem ser obtidas através de histórico dos equipamentos existentes na empresa que contemplam as condições operacionais reais.

As informações exibidas inicialmente são extraídas do banco de dados no momento da seleção dos equipamentos que se desejam avaliar. É permitido registrar informações alteradas através do comando “Salvar”.

O comando “Comparar” permite a comparação das informações do custo de vida dos ativos tendo como base a simulação dos dados contidos na base de dados do programa em conjunto com os novos parâmetros informados pelo usuário.

O comando “Salvar” realiza o registro de uma ou mais informações modificadas pelo usuário nos campos da seção Seleção de Parâmetros.

3.4.3 Comparação de Resultados

A Figura 3.25 mostra a imagem da seção de comparação de resultados.

Comparação de Resultados			
	CAM MECÂNICO 97 TON	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM DIESEL- ELÉTRICO 136 TON
Vida Útil [HT]:	55.000-60.000	55.000-60.000	55.000-60.000
LCC - Manutenção [R\$]:	10,106,294.20	14,777,779.23	18,457,712.56
LCC - Total [R\$]:	19,853,294.20	27,800,779.23	32,839,712.56
Custo por HT [R\$/HT]:	330.89	463.35	547.33
Custo por ton [R\$/ton]:	3.31	3.56	4.21

Figura 3.25 – Comparação de resultados

A seção Comparação de Resultados apresenta os resultados econômicos do custo do ciclo de vida do equipamentos obtidos através da simulação.

Os campos desta seção expressam os mesmos resultados da seção Resumo da guia LCC - Custo Vital, capítulo 3.2 LCC - Custo Vital.

A equiparação dos resultados de desempenho econômico permite a comparação entre equipamentos para a seleção do ativo que apresente o menor custo por ciclo de vida.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir têm-se as demonstrações operacionais do programa GEMan, da aplicação das três ferramentas de simulação: LCC - Custo Vital, Orçamento Anual e Comparação de Equipamentos.

4.1 LCC - Custo Vital

Para demonstração operacional da ferramenta de simulação do custo do ciclo de vida do equipamento é selecionado o caminhão mecânico de 65 toneladas.

Em primeiro caso, simula-se o desempenho econômico do caminhão mecânico de 65 toneladas perante as seguintes definições de vida dos componentes:

- Motor Diesel = 15.000 HT
- Conversor de Torque = 12.000 HT
- Transmissão = 12.000 HT
- Diferencial = 12.000 HT
- Comando Final = 12.000 HT

A simulação resulta nos seguintes resultados, conforme Figura 4.1:

- Vida Útil = 55.000, 60.000 HT
- LCC - Manutenção = R\$ 7.492.207,56
- LCC - Total = R\$ 14.482.207,56
- Custo por HT = 241,37 R\$/HT
- Custo por ton = 3,02 R\$/ton

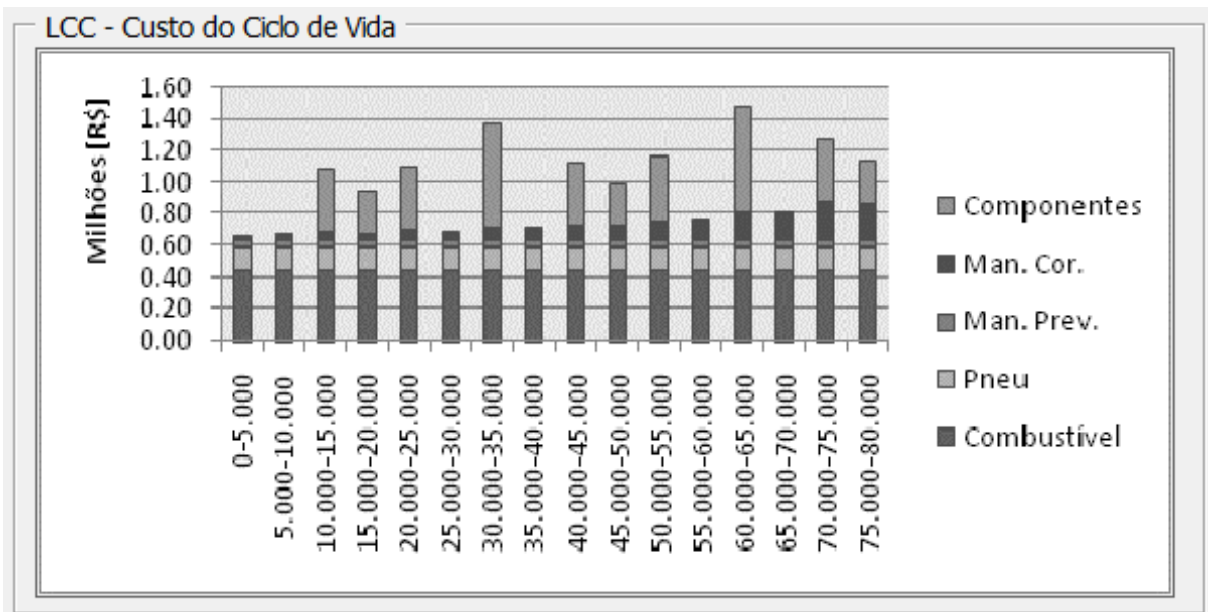
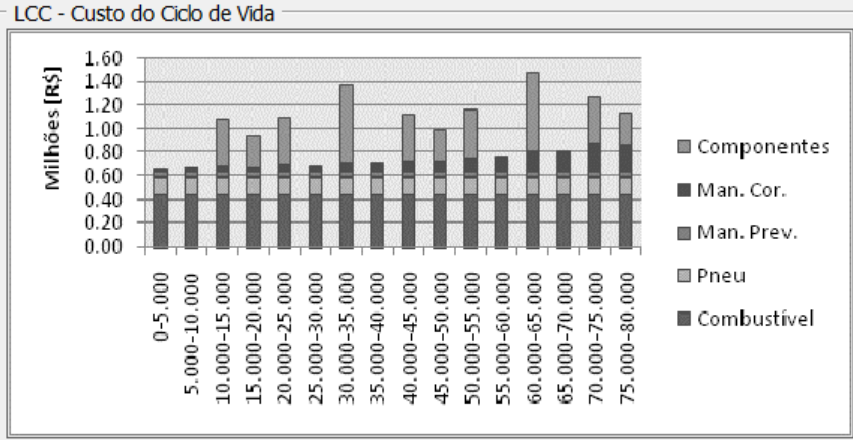
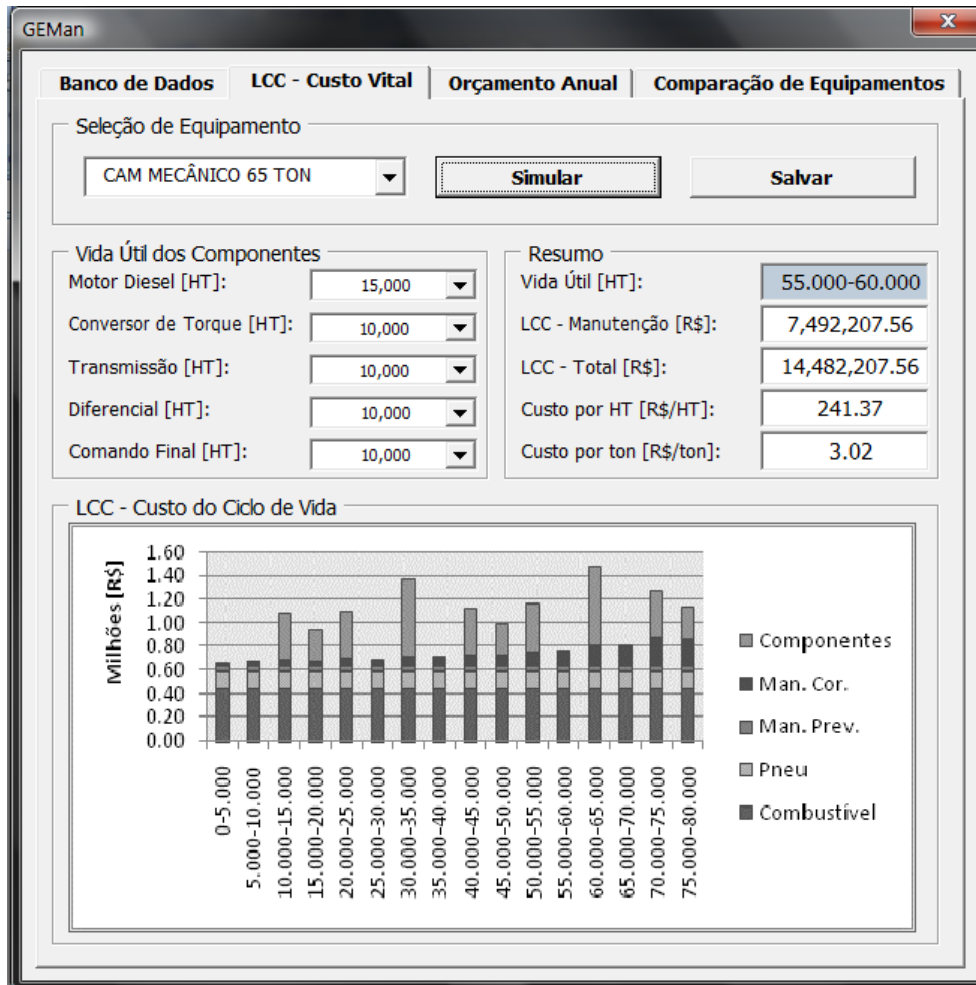


Figura 4.1 – Simulação de LCC - custo vital I

Em segundo caso, considerando a melhora nas condições operacionais e de manutenção do equipamento, simula-se o desempenho econômico do caminhão mecânico de 65 toneladas perante as seguintes definições de vida dos componentes:

- Motor Diesel = 20.000 HT
- Conversor de Torque = 15.000 HT
- Transmissão = 15.000 HT
- Diferencial = 15.000 HT
- Comando Final = 15.000 HT

A simulação resulta nos seguintes resultados, conforme Figura 4.2:

- Vida Útil = 55.000, 60.000 HT
- LCC - Manutenção = R\$ 6.434.692,53
- LCC - Total = R\$ 13.424.692,53
- Custo por HT = 233,74 R\$/HT
- Custo por ton = 2,80 R\$/ton

Esta melhora nas condições operacionais e de manutenção representa uma redução de:

- 14,11% do custo de manutenção (LCC - Manutenção), considerando a aquisição
- 7,30% do custo total (LCC - Total)
- 7,30% do custo por HT
- 7,28% do custo por ton

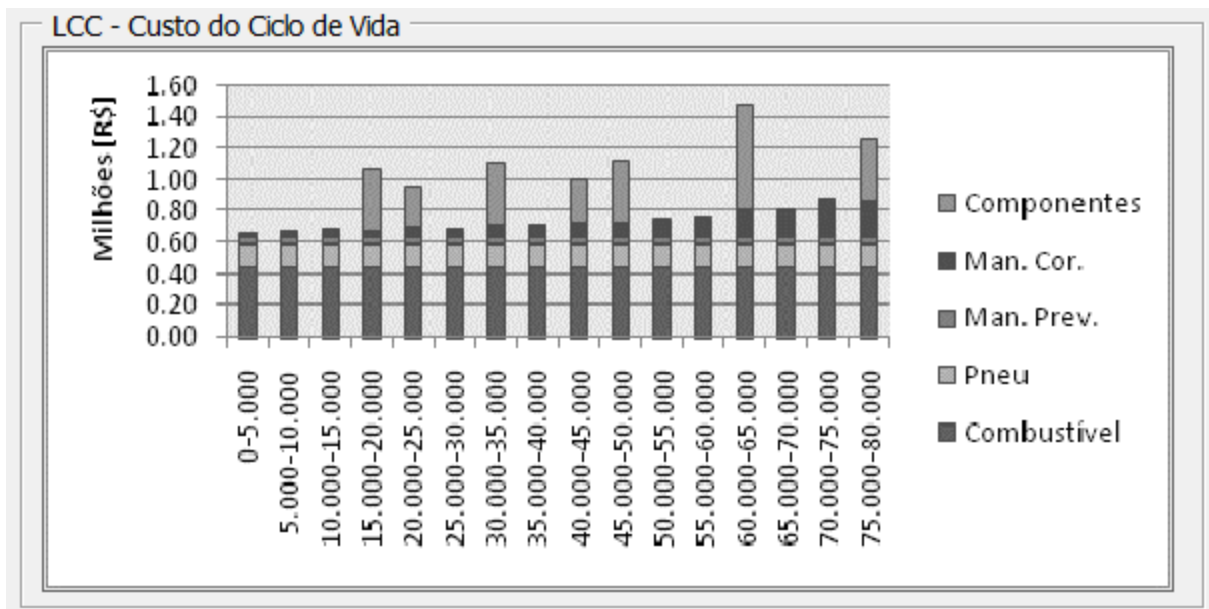
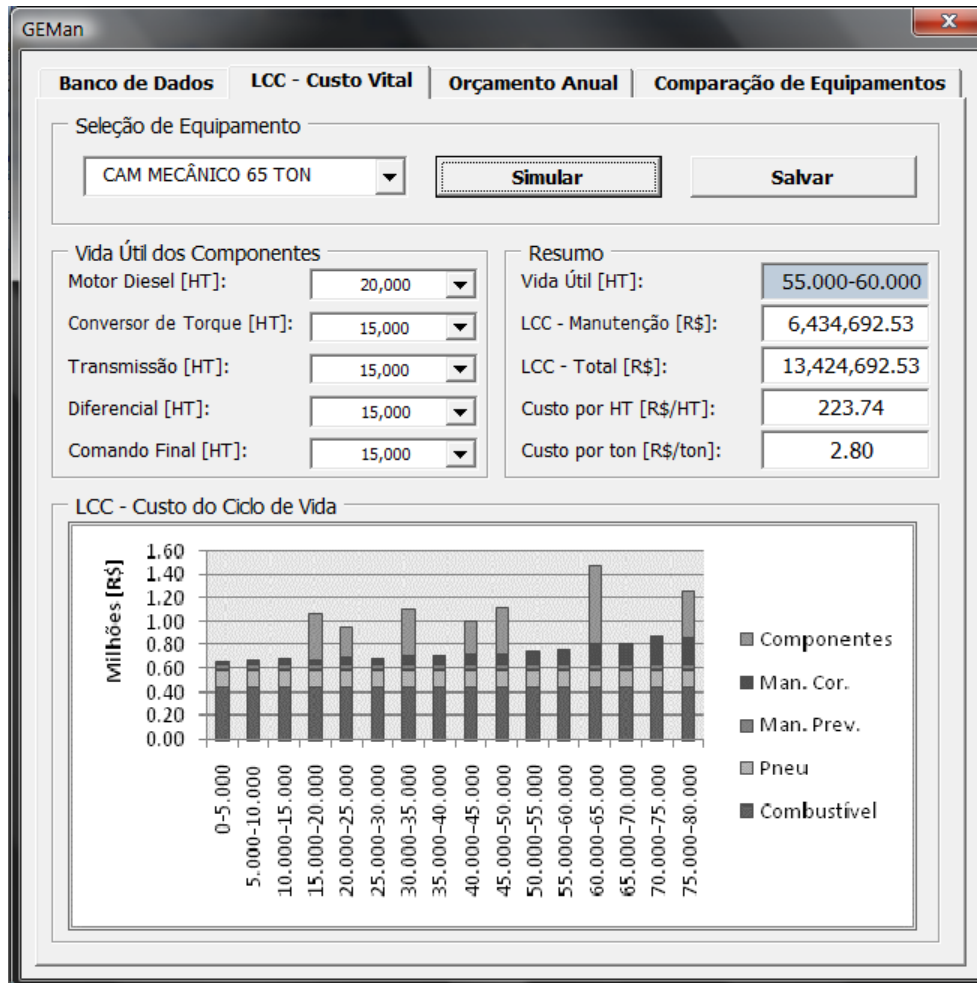


Figura 4.2 – Simulação de LCC - custo vital II

4.2 Orçamento Anual

Para demonstração operacional da ferramenta de simulação do orçamento anual do equipamento é selecionado o caminhão mecânico de 97 toneladas.

Nesta análise, simula-se o desempenho econômico do caminhão mecânico de 97 toneladas perante as seguintes definições de vida do equipamento e seus componentes:

- Equipamento = 38.000 HT
- Motor Diesel = 10.000 HT
- Conversor de Torque = 12.000 HT
- Transmissão = 12.000 HT
- Diferencial = 5.000 HT
- Comando Final Esquerdo = 9.000 HT
- Comando Final Direito = 9.000 HT

A simulação resulta nos seguintes resultados, conforme Figura 4.3:

– Gastos com Componentes:

- Motor Diesel = R\$ 0,00
- Conversor de Torque = R\$ 42.848,87
- Transmissão = R\$ 132.732,83
- Diferencial = R\$ 0,00
- Comando Final Esquerdo = R\$ 145.267,95
- Comando Final Direito = R\$ 145.267,95
- Sub Total = R\$ 466.117,60

– Gastos com Manutenção:

- Manutenção Preventiva = R\$ 50.939,60
- Manutenção Corretiva = R\$ 89.353,82
- Sub Total = R\$ 140.293,42

– Gastos Operacionais:

- Pneu = R\$ 250.000,00
- Combustível = R\$ 562.250,00
- Sub Total = R\$ 812.250,00

– Gasto Total:

- Total = R\$ 1.418.661,02

GEMan

Banco de Dados | LCC - Custo Vital | Orçamento Anual | Comparação de Equipamentos

Seleção de Equipamento

CAM MECÂNICO 97 TON Calcular

Vida do Equipamento e Componentes

Equipamento [HT]:	38,000	Diferencial [HT]:	5,000
Motor Diesel [HT]:	10,000	Comando Final LE [HT]:	9,000
Conversor de Torque [HT]:	12,000	Comando Final LD [HT]:	9,000
Transmissão [HT]:	12,000		

Gastos com Componentes

Motor Diesel [R\$]:	0.00
Conversor de Torque [R\$]:	42,848.87
Transmissão [R\$]:	132,732.83
Diferencial [R\$]:	0.00
Comando Final LE [R\$]:	145,267.95
Comando Final LD [R\$]:	145,267.95
Sub Total [R\$]:	466,117.60

Gastos com Manutenção

Man. Preventiva [R\$]:	50,939.60
Man. Corretiva [R\$]:	89,353.82
Sub Total [R\$]:	140,293.42

Gastos Operacionais

Pneu [R\$]:	250,000.00
Combustível [R\$]:	562,250.00
Sub Total [R\$]:	812,250.00

Gasto Total

Total [R\$]:	1,418,661.02
---------------------	---------------------

Figura 4.3 – Simulação de orçamento anual

4.3 Comparação de Equipamentos

Para demonstração operacional da ferramenta de simulação de comparação de equipamentos são selecionado: caminhão diesel-elétrico de 136 toneladas; caminhão mecânico de 136 toneladas; e caminhão mecânico de 181 toneladas.

Nesta análise, simulam-se os desempenhos econômicos equiparados dos caminhões perante os seguintes parâmetros:

– Caminhão Diesel-Elétrico de 136 Toneladas:

- Produtividade = 145,0 ton/HT
- Vida Útil do Pneu = 5.000 HT
- Consumo de Combustível = 90,0 l/HT

– Caminhão Mecânico de 136 Toneladas:

- Produtividade = 130,0 ton/HT
- Vida Útil do Pneu = 6.000 HT
- Consumo de Combustível = 85,0 l/HT

– Caminhão Mecânico de 181 Toneladas:

- Produtividade = 160,0 ton/HT
- Vida Útil do Pneu = 6.000 HT
- Consumo de Combustível = 100,0 l/HT

A simulação resulta nos seguintes resultados, conforme Figura 4.4:

GEMan

Banco de Dados | LCC - Custo Vital | Orçamento Anual | Comparação de Equipamentos

Seleção de Equipamentos

CAM DIESEL-ELÉTRICO 136 | CAM MECÂNICO 136 TON | CAM MECÂNICO 181 TON

Seleção de Parâmetros

	CAM DIESEL-ELÉTRICO 136	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM MECÂNICO 181 TON
Produtividade [ton/HT]:	145.0	130.0	160.0
Vida Útil do Pneu [HT]:	5,000	6,000	6,000
Cons. de Comb. [l/HT]:	90.0	85.0	100.0

Comparar | Salvar

Comparação de Resultados

	CAM DIESEL-ELÉTRICO 136	CAM MECÂNICO 136 TON	CAM MECÂNICO 181 TON
Vida Útil [HT]:	55.000-60.000	55.000-60.000	55.000-60.000
LCC - Manutenção [R\$]:	23,707,712.56	14,777,779.23	17,550,575.00
LCC - Total [R\$]:	38,089,712.56	27,800,779.23	32,730,575.00
Custo por HT [R\$/HT]:	634.83	463.35	545.51
Custo por ton [R\$/ton]:	4.38	3.56	3.41

Figura 4.4 – Simulação de comparação de equipamentos

– Caminhão Diesel-Elétrico de 136 Toneladas:

- Vida Útil = 55.000, 60.000 HT
- LCC - Manutenção = R\$ 23.707.712,56
- LCC - Total = R\$ 38.089.712,56
- Custo por HT = 634,83 R\$/HT
- Custo por ton = 4,38 R\$/ton

– Caminhão Mecânico de 136 Toneladas:

- Vida Útil = 55.000, 60.000 HT
- LCC - Manutenção = R\$ 14.777.779,23

- LCC - Total = R\$ 27.800.779,23
- Custo por HT = 463,35 R\$/HT
- Custo por ton = 3,56 R\$/ton

– Caminhão Mecânico de 181 Toneladas:

- Vida Útil = 55.000, 60.000 HT
- LCC - Manutenção = R\$ 17.550.575,00
- LCC - Total = R\$ 32.730.575,00
- Custo por HT = 545,51 R\$/HT
- Custo por ton = 3,41 R\$/ton

Como resultado desta simulação, pode-se observar que o melhor desempenho econômico pertence ao caminhão mecânico de 181 toneladas com o custo por tonelada de 3,41 R\$/ton.

Em resumo, o programa desenvolvido demonstrou um bom desempenho na função a que se propõe, com resultados precisos e satisfatórios.

Após a etapa de levantamento de informações para o banco de dados, o uso do programa permite a previsão dos custos de manutenção e operação de equipamentos móveis de mineração ao longo de sua vida operacional. Esta previsão pode ser periódica ou vital e possibilita a determinação da vida econômica dos ativos de mineração.

Neste modelo é possível quantificar as despesas ao longo do ciclo de vida dos ativos, de modo que resulte em melhores retornos para as empresas que adotam as práticas de manutenção econômica de ativos.

Questões econômicas relativas à política de manutenção preventiva, dimensionamento de peças de substituição, modificações / melhorias de equipamento em fim de vida, entre outros, podem ser incluídas, simuladas e analisadas.

Na análise de compra de equipamento, por exemplo, diversas opções são avaliadas, sendo possível simular os custos de aquisição, manutenção e operação por ano ou por vida e, em seguida, decidir por adquirir aquele que melhor cumpre os objetivos corporativos.

Através da simulação, o programa desenvolvido permitirá a tomada de decisões técnicas compatíveis com os objetivos econômicos da empresa aliadas ao embasamento econômico que mantêm o desempenho técnico do equipamento. Ele auxiliará na gestão para uma melhor eficiência e disponibilidade de equipamentos em todo o seu ciclo de vida.

5 CONCLUSÃO

A manutenção econômica considera sistemicamente a empresa, numa abordagem renovada dos critérios econômicos da mensuração contábil e numa visão gerencial “de negócios” voltada para a otimização do resultado econômico das decisões dos gestores, nas transações, eventos, atividades e áreas de responsabilidade, na busca do resultado global da organização.

Possibilita-se, assim, a análise de desempenho a partir de parâmetros de fato controláveis pelos gestores. O reconhecimento e, com este, a própria consecução dos resultados sob a forma de margens de contribuição das decisões permite a otimização operacional, financeira, econômica e patrimonial do investimento, como evento gerador de riqueza.

O programa desenvolvido permite o gerenciamento e acompanhamento do ciclo de vida dos ativos abordados, estendendo a abrangência da mensuração contábil ao fluxo dos acontecimentos futuros que os valoram, desde o momento da decisão inicial até o fim da vida do ativo.

Foi apresentada a importância das empresas definirem as estratégias de manutenção para os seus ativos de forma sistêmica, bem como a necessidade de utilização do programa de gerenciamento da manutenção econômica como ferramenta suporte para as tomadas de decisões de modo a proporcionar a gestão dos custos de manutenção a níveis globais otimizados.

Para a aplicação do programa em estudos futuros, o gestor competente deverá avaliar de forma bastante criteriosa todos os fatores que influenciam a tomada de decisão na aquisição de ativos, além daqueles, econômicos e financeiros, contemplados no programa.

Conforme foi ressaltado no estudo, o mercado da mineração está cada vez mais competitivo e exigente quanto à garantia de qualidade e confiabilidade, o que obriga as empresas, que almejam uma maior participação de mercado, a se lançarem com uma estratégia competitiva suportada por uma política agressiva de redução de custos sem comprometer a qualidade dos produtos e serviços. Para tanto, este estudo propôs o desenvolvimento e aplicação do programa computacional para manutenção econômica de equipamentos móveis de mineração.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Não pretendendo esgotar os conhecimentos até aqui adquiridos a respeito do estudo abordado, seguem algumas recomendações para fins de ampliar as limitações apresentadas neste trabalho:

- Diversificar o número de ativos disponíveis para análise, não os restringindo somente ao âmbito da indústria mineral.
- Tratar da natureza estatística que sugerem os dados relativos a vida e os custos das manutenções e dos componentes.

Espera-se, portanto, que este estudo desperte interesse e venha a contribuir para o desenvolvimento de conhecimentos e especialização na área de da manutenção econômica para a melhoria dos processos industriais nas empresas, motivando seu uso e difusão.

ABSTRACT

In the mining sector, knowledge of cost behavior of maintenance of equipment during their life cycles becomes very important due to the costs involved in the operation and availability of equipment. Thus, despite the high resources required for the acquisition of a given physical asset, the purchase should not be decided only on the basis of initial cost, but through the life cycle cost of the equipment in which they include all expenditures throughout his life. This study indicates the development of a computer program for the economic maintenance of mobile mining equipment, which uses mathematical models based on engineering economics with the goal of finding the ideal economic life and make predictions maintenance costs of certain equipment under conditions operation established. With the modeling of economic life is possible determine the manner in which the equipment can be used more efficiently and at lower lifecycle costs incorporated, once adopted an economic maintenance management based on the model developed existing in the computer program. With its use is possible to do simulations, which allows the improvement of technical and financial criteria considering one or more company equipments in the mining sector.

Key-words: *Computer program, Economic maintenance, LCC, Life cycle cost*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Confiabilidade e Manutenibilidade, Terminologia, NBR 5462. Rio de Janeiro, 1994.

BARRINGER, P. E. Life Cycle Cost and Good Practices. NPRA Manitenance Conference. EUA, 1998.

BROWN, R. J.; YANUCK, R. R. Introduction to Life Cycle Costing. EUA, 1985.

CATELLI, A.; PARISI, C.; SANTOS, E. S. Gestão Econômica de Investimento em Ativos Fixos. São Paulo, 2002.

CESCA, I. G. Previsão de Custo de Ciclo de Vida e Gestão Econômica de Ativos Físicos de Indústrias do Setor Energético. Campinas, 2012.

CHAVEZ, L. M. C. G.; MEDEIROS, F. E. de, Engenharia de manutenção: fator de mudança. Salvador, 1998.

DHILLON, B. S. Life Cycle Costing for Engineers. EUA, 2010.

FITCH, E.C. Proactive maintenance for mechanical systems. EUA, 1992.

GROM, M. Como transformar manutenção em fonte de receita. Brasil, 2010.

GUERREIRO, R. Modelo Conceitual de Sistema de Informação de Gestão Econômica: Uma Contribuição à Teoria da Comunicação da Contabilidade. São Paulo, 1989.

HASTINGS, N. A. J. Physical Asset Management. Londres, 2010.

IUDÍCIBUS, S. Contabilidade Introdutória. São Paulo, 2008.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção Função Estratégica. Rio de Janeiro, 2004.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. Manutenção, Combate aos custos da não-eficácia, A vez do Brasil. São Paulo, 1993.

MONCHY, F. A Função Manutenção, Formação para a gerência da manutenção industrial. São Paulo, 1989.

MOUBRAY, J. Manutenção Centrada em Confiabilidade. Brasil, 2000.

MOUBRAY, J. Reliability - Centered Maintenance. EUA, 1997.

NEPOMUCENO, L. X. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo, 1989.

NOVACKI, A.; ALBERTON, C.; ORTEGA, L. F. Proposta de um diagrama de tomada de decisão para a manutenção centrada na confiabilidade, fundamentado na lógica fuzzy. Curitiba, 2009.

PARK, C. S. Contemporary Engineering Economics. EUA, 2002.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. Manutenção: Função Estratégica. Rio de Janeiro, 2001.

SLACK, N. *et al.* Administração da Produção. São Paulo, 1997.

TAVARES, L A. Excelência na manutenção. Salvador, 19969

WILSON, R.M.S. Cost Control Handbook. Inglaterra, 1983.

XENOS, H. G. Gerenciamento da manutenção produtiva. Belo Horizonte, 1998.

YOSHITAKE, M. Gestão de Custos do Ciclo de Vida de um Ativo. São Paulo, 2002.