

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UMA METODOLOGIA PARA AUXILIAR NO  
GERENCIAMENTO DE RISCOS E NA SELEÇÃO  
DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS EM  
SEGURANÇA**

**Florianópolis - Santa Catarina - Brasil**

**Março de 1996**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UMA METODOLOGIA PARA AUXILIAR NO  
GERENCIAMENTO DE RISCOS E NA SELEÇÃO DE  
ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS EM  
SEGURANÇA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Produção.

*Anete Alberton*



UFSC-BU

**Florianópolis - Santa Catarina - Brasil**

**Março de 1996**

**UMA METODOLOGIA PARA AUXILIAR NO  
GERENCIAMENTO DE RISCOS E NA SELEÇÃO DE  
ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS EM  
SEGURANÇA**

*Anete Alberton*

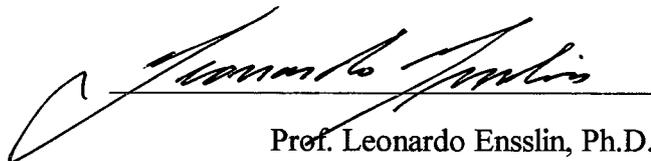
Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

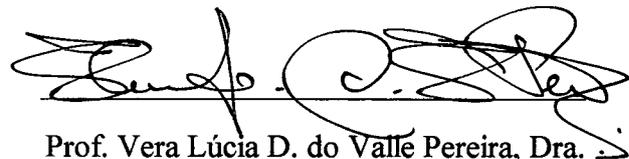


Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.

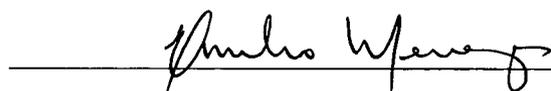
Orientador



Prof. Leila Gontijo, Dra.



Prof. Vera Lúcia D. do Valle Pereira, Dra.



Prof. Emílio Araújo Menezes, Dr.

*"Na vida tudo é escuridão, salvo quando há anseios;  
mas todo anseio é cego, salvo quando há conhecimento;  
mas todo conhecimento é vão, salvo quando há trabalho.*

*E quando se trabalha com amor, se une  
a si próprio, ao próximo e a Deus."*

*(Gibran Kahlil Gibran)*

*Aos meus pais, Rosalino e Idalina,  
pelo amor e ensinamentos transmitidos  
que formam a essência da pessoa que sou hoje.*

## AGRADECIMENTOS

---

Ao professor Leonardo Ensslin pela orientação do trabalho e principalmente pelo apoio e amizade em todo o transcorrer do curso.

Ao professor Luiz Fernando Mahlmann Heineck por ter propiciado a oportunidade de ingresso no curso de pós-graduação.

Ao Volmir pela solicitude e boa vontade no auxílio à implementação do modelo .

Aos membros da banca examinadora pela disposição de ler este trabalho.

Aos meus amigos, em especial à Angelita e Simone pelo companheirismo e amizade.

Ao Evandro pelo material didático compartilhado e ao Fernando por sua ajuda no estudo de caso.

À minha grande família, especialmente a meus queridos irmãos, que perto ou distante são energia e estímulo de chegada.

À empresa pesquisada para o estudo de caso, pela acolhida e fornecimento dos dados necessários para o trabalho.

À FUNDACENTRO pelo material didático fornecido.

À UFSC pela oportunidade oferecida e ao CNPq pelo apoio financeiro através de bolsa de estudo.

*Muito Obrigada!*

## SUMÁRIO

---

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Quadros</b>	<b>xii</b>
<b>Resumo</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiv</b>

---

### CAPÍTULO I

---

#### INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO .....	02
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO .....	04
1.2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	04
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	04
1.3. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	04
1.4. METODOLOGIA .....	05
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	05

---

### CAPÍTULO II

---

#### EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

2.1. INTRODUÇÃO .....	08
2.2. HISTÓRICO .....	09
2.3. A ENGENHARIA DE SEGURANÇA TRADICIONAL.....	15
2.4. ESTUDOS REALIZADOS .....	19
2.4.1. ESTUDOS DE H.W. HEINRICH E R.P. BLAKE .....	20
2.4.2. ESTUDOS DE FRANK E. BIRD JR. ....	22
2.4.3. ESTUDOS DA INSURANCE COMPANY OF NORTH AMERICA ....	24
2.4.4. ESTUDOS DE JOHN A. FLETCHER E H.M. DOUGLAS .....	25
2.4.5. ESTUDOS DE WILLIE HAMMER .....	26
2.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	27

---

### **CAPÍTULO III**

---

## **A ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO E O PREVENCIÓNISMO**

<b>3.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. A EVOLUÇÃO DO PREVENCIÓNISMO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. DEFINIÇÕES BÁSICAS .....</b>	<b>33</b>
3.3.1. A TEORIA DOS PORTADORES DE PERIGOS .....	35
<b>3.4. CONTROLE DE DANOS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5. CONTROLE TOTAL DE PERDAS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6. ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS .....</b>	<b>43</b>

---

### **CAPÍTULO IV**

---

## **O GERENCIAMENTO DE RISCOS E A ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS**

<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. A EMPRESA COMO UM SISTEMA .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS .....</b>	<b>51</b>
4.3.1. A NATUREZA DOS RISCOS EMPRESARIAIS .....	53
4.3.2. O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS .....	55
<b>4.4. FASES DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS .....</b>	<b>57</b>
4.4.1. FASE DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS .....	57
4.4.2. FASE DE ANÁLISE DE RISCOS .....	57
4.4.3. FASE DE AVALIAÇÃO DE RISCOS .....	58
4.4.4. TRATAMENTO DOS RISCOS .....	60

---

### **CAPÍTULO V**

---

## **TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCOS**

<b>5.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>5.2. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS .....</b>	<b>63</b>
5.2.1. TÉCNICA DE INCIDENTES CRÍTICOS (TIC) .....	63

5.2.2. WHAT-IF (WI) .....	64
<b>5.3. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS .....</b>	<b>66</b>
5.3.1. ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR) .....	66
5.3.2. ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (AMFE) .....	69
5.3.3. ANÁLISE DE OPERABILIDADE DE PERIGOS (HAZOP) .....	72
<b>5.4. TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS .....</b>	<b>75</b>
5.4.1. ANÁLISE DE ÁRVORE DE EVENTOS (AAE) .....	75
5.4.2. ANÁLISE POR DIAGRAMA DE BLOCOS (ADB) .....	77
5.4.3. ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS (ACC) .....	78
5.4.4. ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (AAF) .....	79
5.4.5. MANAGEMENT OVERSIGHT AND RISK TREE (MORT) .....	86

---

## **CAPÍTULO VI**

---

### **UM MODELO PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS EM SEGURANÇA**

<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>6.2. PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO TÉCNICA DE APOIO À DECISÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>6.3. O MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>90</b>

---

## **CAPÍTULO VII**

---

### **ESTUDO DE CASO**

<b>7.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>97</b>
<b>7.2. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>97</b>
<b>7.3. APLICAÇÃO DO MODELO .....</b>	<b>107</b>
<b>7.4. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>113</b>
7.4.1. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 1º GRUPO ORÇAMENTO DE R\$ 60.000,00 APLICADO EM UM ÚNICO PERÍODO .....	114
7.4.2. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 2º GRUPO APLICAÇÃO DE TODOS OS RECURSOS DISPONÍVEIS NO PRIMEIRO PERÍODO .....	116

7.4.3. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 3º GRUPO APLICAÇÃO DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM PARCELAS IGUAIS EM TODOS OS PERÍODOS .....	118
7.4.4. COMPARAÇÕES ENTRE AS SIMULAÇÕES DO 2º E 3º GRUPOS .....	119

---

## **CAPÍTULO VIII**

---

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

<b>8.1. CONCLUSÕES</b> .....	122
<b>8.2. RECOMENDAÇÕES</b> .....	123

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	125
-----------------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	129
---------------------	-----

<b>APÊNDICE I</b> - Resultados das simulações do 1º grupo Orçamento de R\$ 60.000,00 aplicado em um único período .....	136
<b>APÊNDICE II</b> - Resultados das simulações do 2º grupo Aplicação de todos os recursos disponíveis no primeiro período .....	148
<b>APÊNDICE III</b> - Resultados das simulações do 3º grupo Aplicação dos recursos disponíveis em parcelas iguais em todos os períodos..	156
<b>APÊNDICE IV</b> - Implementação do modelo no <i>GAMS</i> .....	168



## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 3.1. - Escala sugerida por Fletcher para avaliação do programa de segurança .....	42
Quadro 4.1. - Categorias de riscos segundo a MIL-STD-882 .....	59
Quadro 5.1. - Modelo de ficha para Análise Preliminar de Riscos .....	68
Quadro 5.2. - Modelo de aplicação da Análise de Modos de Falhas e Efeitos .....	71
Quadro 5.3. - Palavras-guias do estudo HAZOP e respectivos desvios .....	74
Quadro 5.4. - Modelo de relatório para um estudo HAZOP .....	74
Quadro 5.5. - Esquema de funcionamento da Análise da Árvore de Eventos .....	76
Quadro 5.6. - Exemplo fictício da aplicação da Análise da Árvore de Eventos .....	76
Quadro 5.7. - Simbologia lógica de uma árvore de falhas .....	82
Quadro 5.8. - Álgebra booleana e simbologia usada na árvore de falhas .....	83
Quadro 5.9. - Relacionamento e leis representativas da Álgebra de Boole .....	84
Quadro 7.1. - Grupos de problemas causais com respectiva convenção .....	98
Quadro 7.2. - Probabilidade de ocorrência dos grupos de problemas durante os meses de julho/agosto de 1995 .....	99
Quadro 7.3. - Custo médio mensal e bimestral relacionados a cada grupo de problemas .....	100
Quadro 7.4. - Convenção que identifica as alternativas propostas .....	102
Quadro 7.5. - Reduções máximas possíveis para cada grupo de problemas .....	103
Quadro 7.6. - Reduções percentuais das probabilidades de ocorrência em cada grupo de problemas devido à implantação de cada alternativa.....	104
Quadro 7.7. - Benefícios por período propiciados pela implantação de cada alternativa .....	105
Quadro 7.8. - Custos de implantação de cada alternativa .....	106

## RESUMO

---

As empresas administram recursos imobilizados, financeiros e humanos, todos escassos, enquanto que as oportunidades de aperfeiçoamento requerem investimentos geralmente em montante maior do que o disponível no orçamento. Isto caracteriza um dilema no momento de decidir quando, quanto, como e onde investir, já que o que se visa é a otimização da alocação eficiente dos recursos, bem como maximizar a riqueza da empresa, possibilitando sua sobrevivência em um ambiente competitivo.

Propõe-se neste trabalho, um modelo matemático de programação linear que envolva o processo de decisão em termos das alternativas de investimentos em segurança que minimizem e/ou eliminem um acidente, de forma a selecionar o subconjunto de alternativas que produzam uma maior redução nas perdas, ou seja, o maior retorno possível e a otimização na aplicação dos recursos disponíveis no tempo. Para complementar o modelo são determinadas as rentabilidades de cada solução possível, permitindo a delimitação da fronteira eficiente, ou seja, a identificação das soluções mais eficientes dentre as ótimas obtidas.

Como subsídio ao processo de tomada de decisão aplicam-se as técnicas de Engenharia de Segurança de Sistemas, detectando situações indesejáveis e suas possíveis causas. Desta forma, delimitando-se a problemática em estudo, obtém-se um melhor direcionamento no momento de decidir.

Para validar o modelo é apresentado um estudo de caso realizado junto a uma empresa de transportes urbanos da grande Florianópolis, cuja solução em programação linear binária é obtida pela implementação do mesmo no *software GAMS*.

## ABSTRACT

---

The enterprises have been managing immobilized, financial and human resources, all of them not abundant, while the development opportunities require investments bigger than the available budget. It characterizes a dilemma in the moment to decide when, how much, where and how to invest, since it is aimed the optimization of the resources efficient allocation, as well to maximize the enterprise richness, providing its survival in a competitive environment.

In this work is proposed, a mathematical model of linear programming which involves the decision process in terms of investment alternatives in safety which minimizes and/or eliminates an accident, selecting part of the alternatives which produce bigger losses reduction, i.e., the bigger possible return and the optimization in the application of the available resources in time. In order to complement the model, the profitabilities of each possible solution are established, allowing the delimitation of the efficient boundary, i.e., the more efficient solution identification among the optimal solutions attained.

As an aid to the decision taking process, it is applied the Systems Safety Engineering technical, detecting undesirable situations and its possible causes. Therefore, circumscribing the proposition, it is obtained a better destination in the moment of decision.

In order to validate the model it is showed a case study made in an urban transportation firm of Florianópolis, whose solution in binary linear programming is achieved by the model implementation in the software GAMS.

---

# CAPÍTULO I

---

## INTRODUÇÃO

*"Dirigir estratégicamente los riesgos supone que éstos van a ser considerados como parte de la competitividad empresarial, asignándose los recursos empresariales necesarios hacia la consecución de mejoras en su posición relativa futura."*

*Miguel Ángel Martínez Martínez (1994)*

<b>1.1. INTRODUÇÃO</b> .....	02
<b>1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO</b> .....	04
1.2.1. OBJETIVOS GERAIS .....	04
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	04
<b>1.3. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO</b> .....	04
<b>1.4. METODOLOGIA</b> .....	05
<b>1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO</b> .....	05

## 1.1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os conceitos de “Qualidade e Competitividade” vem sendo difundidos e empregados por um número cada vez maior de empresas que descobriram aí uma fonte de ganhos sociais, econômicos e financeiros, e acima de tudo uma excelente forma de competitividade empresarial.

Sabe-se da relevância que o conceito de qualidade vem cada vez mais adquirindo em âmbito mundial. Qualidade de produtos, qualidade de serviços, gestão da qualidade total, controle da qualidade, sistema da qualidade, garantia da qualidade. Uma das áreas de grande repercussão dos conceitos de qualidade refere-se à qualidade dos consumidores internos, os colaboradores, e dentro desta categoria se encontra o aspecto da segurança no trabalho. Desta forma, tem-se a convicção de que é imprescindível ao abordar-se o tema qualidade, incluir o aspecto segurança. Na verdade, pode-se dizer que o sistema que faz a qualidade acontecer é a prevenção, ou seja a minimização dos erros e falhas (acidentes) antes que os mesmos ocorram, pois ao prevenir-se as não-conformidades está-se evitando suas conseqüências. É importante ao abordar-se o tema prevenção que o objetivo não seja apenas evitar lesões pessoais, como também as materiais e ambientais, além de todos aqueles incidentes que venham a provocar paradas de produção e, portanto, perdas devido à anormalidades no sistema.

Atualmente, organizações de todos os tipos estão sendo, cada vez mais, conscientizadas a alcançar e demonstrar um desempenho satisfatório em relação à segurança e saúde de seus colaboradores. Isso em função de uma mais ampla compreensão das repercussões da segurança que se tem podido chegar, graças às novas metodologias de abordagem sistêmica no assunto, bem como das crescentes exigências de legislação e sindicatos, da preocupação de empresas na busca de maior produtividade e competitividade e da maior conscientização da sociedade em geral quanto à necessidade de melhorar a qualidade de vida no trabalho.

Empregar recursos na melhoria das condições de trabalho dos colaboradores é considerado um verdadeiro investimento pela grande maioria dos empresários de ponta, pois resulta no crescimento qualitativo e quantitativo da produção e na conseqüente elevação dos benefícios para a empresa. Cabe a empresa como um todo, desde a alta administração até os escalões mais baixos buscar a formação e implementação de políticas de gerenciamento de riscos que tornem a mesma competitiva no mercado.

Assim, com este intuito, é que mecanismos foram e vem sendo desenvolvidos para otimizar a performance organizacional. Na investigação destes mecanismos e

ferramentas sob um enfoque sistêmico, é possível ainda, controlar um maior número de fatores que intervêm no processo.

Ao analisarmos as organizações como sistema, podemos vislumbrar e delimitar de forma ampla o funcionamento do sistema e as situações danosas pertinentes a certa atividade, ou seja, podemos descrever os eventos envolvendo riscos acima dos padrões normais e que, de alguma forma e sob certas condições, podem vir a transformar-se em uma situação indesejável no transcorrer do processo ou da execução da atividade. Conhecendo-se os focos geradores de determinado evento indesejado pode-se atuar diretamente sobre eles, buscando soluções ou alternativas com o objetivo de obter resultados satisfatórios quanto à sua minimização e/ou eliminação.

Delimitado o problema é possível, de forma mais objetiva, formular alternativas para a redução ou eliminação dos efeitos danosos, e mais facilmente chegar a definição de quais alternativas devem ser realmente implementadas.

O processo decisório torna-se então necessário, dado que a implementação das alternativas requer disponibilidade de recursos (pessoais e financeiros). Esta disponibilidade por sua vez, está limitada à capacidade de geração de recursos da empresa e à parcela do orçamento designada pela mesma para a área em questão.

Assim sendo, a questão é: “em qual ou quais pontos devemos investir os recursos disponíveis para que a relação custo/benefício seja otimizada?”, ou seja, quais as alternativas que se implementadas possibilitarão a maximização do retorno com o mínimo de perdas.

A abordagem proposta para auxiliar este processo decisório, está fundamentada em sua modelagem e análise via programação linear inteira.

Pretende-se, desta forma, proceder a estudos de análise de riscos e sensibilidade, verificando a prioridade dos programas de segurança, bem como avaliar até que ponto estes programas podem e devem ser implantados de modo que a relação custo/benefício seja favorável. Propõe-se neste trabalho o desenvolvimento de um modelo matemático que envolva o processo de decisão em termos das alternativas de investimentos em segurança que minimizem e/ou eliminem os acidentes, de forma a selecionar o subconjunto de alternativas que produzam uma maior redução nas perdas, ou seja, o maior retorno possível e a otimização na aplicação dos recursos disponíveis no tempo.

## **1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **1.2.1. OBJETIVOS GERAIS**

- ◆ Investigar o processo de gerenciamento de riscos de acidentes de trabalho sob um enfoque sistêmico, agregando o conhecimento das técnicas existentes de identificação de perigos e análise e avaliação de riscos à seleção eficiente de alternativas de investimentos;

- ◆ Propor uma metodologia que auxilie o processo de tomada de decisão frente às diversas oportunidades de investimentos, quanto a aspectos relacionados à engenharia de segurança em geral;

- ◆ Comprovar analiticamente que investir em procedimentos de segurança, mais especificamente em medidas e políticas preventivas, é um negócio vantajoso e uma forma de competitividade empresarial.

### **1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ◆ Estudar e revisar os conceitos básicos do processo de gerenciamento de riscos;
- ◆ Pesquisar as técnicas de identificação de perigos, análise e avaliação de riscos;
- ◆ Aplicar as técnicas estudadas para a descoberta e solução de problemas reais;
- ◆ Desenvolver um modelo matemático que auxilie no processo de tomada de decisão quanto à alocação eficiente dos recursos destinados à segurança;
- ◆ Validar o modelo proposto através de sua aplicação a uma situação real.

## **1.3. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO**

No universo empresarial, a logística relacionada à engenharia de segurança do trabalho tem demonstrado, através das estatísticas, um elevado número de acidentes. A maioria deles, por não levarem a danos pessoais, quase sempre é desprezada. Contudo, sabe-se que esses acidentes: materiais, com danos à propriedade e ainda os quase acidentes, somam uma quantia considerável de custos adicionais. Acredita-se que esses acidentes, se devidamente analisados podem ser prevenidos e/ou controlados podendo tornar-se fatores de diferencial competitivo na competitiva economia desta década.

A importância deste trabalho encontra-se, principalmente, relacionada ao fato que ao aplicar-se técnicas de gerenciamento de riscos, consegue-se delimitar de forma ampla o funcionamento do sistema, detectando os fatores indesejáveis e possibilitando mais facilmente a formulação de sugestões e soluções para a eliminação e/ou redução das perdas. Aliando-se a elas, os modelos matemáticos vêm auxiliar na tomada de decisão e no gerenciamento eficiente dos recursos.

#### **1.4. METODOLOGIA**

A metodologia consiste na aplicação das técnicas de identificação de perigos, análise e avaliação de riscos para detectar situações indesejáveis, descrevendo os possíveis fatores causais e delimitando a problemática em estudo.

Empregar as técnicas estudadas como instrumento de planejamento e engenharia, buscando o entendimento detalhado do sistema, possibilitando a melhoria de segurança e confiabilidade do mesmo.

Conhecendo-se o sistema em estudo e delimitada a problemática, desenvolver a partir de programação linear um modelo matemático que maximize o benefício através da minimização das perdas.

Para exemplificar o modelo será realizada uma coleta de dados para posterior aplicação prática do modelo matemático proposto. O mesmo será implementado no *software "GAMS"*.

#### **1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

Este trabalho apresenta-se estruturado em sete capítulos, além deste introdutório.

O capítulo dois apresenta uma descrição da Engenharia de Segurança do Trabalho. Como surgiu, evoluiu e os principais estudos realizados de forma a fazer com que a Engenharia de Segurança passasse de um enfoque meramente informativo para uma ciência onde são abordados aspectos técnicos, administrativos e gerenciais.

No capítulo três, aborda-se o prevençãoismo como principal meta da Engenharia de Segurança. O enfoque dado por Bird no Controle de Danos, Fletcher no Controle Total de Perdas e a introdução da Engenharia de Segurança de Sistemas pelo engenheiro Willie Hammer.

O gerenciamento de riscos sob o enfoque de segurança é apresentado no capítulo quatro. Neste capítulo são descritas também as fases do processo de gerenciamento de risco: identificação de perigos, análise e avaliação de riscos e o tratamento de riscos.

No capítulo cinco, como ferramentas que subsidiam as três primeiras fases do processo de gerenciamento de riscos são descritas as principais técnicas utilizadas para este fim.

Um modelo para seleção de alternativas de investimentos em segurança é desenvolvido no capítulo seis. O modelo é de programação linear inteira, onde são considerados custos e benefícios proporcionados pela implantação de um programa de manutenção preventiva e os riscos envolvidos antes e depois da implementação de cada alternativa proposta.

Para validar o modelo proposto, no capítulo sete foi realizado um estudo de caso aplicado a uma empresa de transportes urbanos.

O oitavo e último capítulo é reservado às recomendações e às conclusões do trabalho.

---

## **CAPÍTULO II**

---

# **EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

*"Historicamente, el hombre ha tenido que convivir con el riesgo ... En el desarrollo humano, su propia evolución y el entorno natural y tecnológico plantean un universo de riesgos, que desde un nivel elemental cuando el hombre aparece sobre la Tierra, llega a alcanzar una extrema complejidad en el momento presente, caracterizado por la concurrencia de múltiples y sofisticados sistemas, interrelacionados a nivel local y global."  
Francisco Martínez García (1994b)*

<b>2.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2.2. HISTÓRICO .....</b>	<b>09</b>
<b>2.3. A ENGENHARIA DE SEGURANÇA TRADICIONAL.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. ESTUDOS REALIZADOS .....</b>	<b>19</b>
2.4.1. ESTUDOS DE H. W. HEINRICH E R. P. BLAKE .....	20
2.4.2. ESTUDOS DE FRANK E. BIRD JR. ....	22
2.4.3. ESTUDOS DA INSURANCE COMPANY OF NORTH AMERICA ....	24
2.4.4. ESTUDOS DE JOHN A. FLETCHER E H. M. DOUGLAS .....	25
2.4.5. ESTUDOS DE WILLIE HAMMER .....	26
<b>2.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>27</b>

## 2.1. INTRODUÇÃO

Conforme afirmam ANSELL e WHARTON (1992), o risco é uma característica inevitável da existência humana. Nem o homem, nem as organizações e sociedade aos quais pertence podem sobreviver por um longo período sem a existência de tarefas perigosas.

Desde as épocas mais remotas, grande parte das atividades às quais o homem tem se dedicado, apresentam uma série de riscos em potencial, freqüentemente concretizados em lesões que afetam sua integridade física ou sua saúde.

Assim, o homem primitivo teve sua integridade física e capacidade produtiva diminuídas pelos acidentes próprios da caça, da pesca e da guerra, que eram consideradas as atividades mais importantes de sua época. Depois, quando o homem das cavernas se transformou em artesão, descobrindo o minério e os metais pôde facilitar seu trabalho pela fabricação das primeiras ferramentas, conhecendo também, as primeiras doenças do trabalho, provocadas pelos próprios materiais que utilizava.

Após a revolução industrial, as relações entre o homem e seu trabalho sofreram drásticas mudanças. O homem deixou o risco de ser apanhado pelas garras dos animais, para submeter-se ao risco de ser apanhado pelas garras das máquinas.

Junto com a evolução industrial proporcionada pelas novas e complexas máquinas, surgiram os riscos e os acidentes da população trabalhadora. Face às exigências de melhores condições de trabalho e maior proteção ao trabalhador, são dados os primeiros passos em direção à proteção da saúde e vida dos operários. A Engenharia de Segurança toma forma e com os estudos de Ramazzini - o Pai da Medicina do Trabalho -, passando por Heinrich, Fletcher, Bird, Hammer e outros evolui e muda conceitos, ampliando sua abordagem desde as filosofias tradicionais até nossos dias.

O processo tradicional de segurança baseado em trabalhos estatísticos, que servem para determinar como o trabalho afeta o elemento humano, através de um enfoque altamente filosófico, mas sem tomar atitudes concretas frente ao alto índice de acidentes, dá lugar à novos conceitos, e os acidentes deixam de se tornar eventos incontroláveis, aleatórios e de causas inevitáveis para tornarem-se eventos indesejáveis e de causas conhecidas e evitáveis. Sem desmerecer as filosofias tradicionais, pois elas são um instrumento valioso e o passo inicial para buscar eficazmente não apenas a correção mas a prevenção dos acidentes, torna-se imperativo para o desenvolvimento e crescimento social e econômico de uma nação, que tanto os órgãos governamentais

quanto a iniciativa privada vejam no homem sua riqueza maior e compreendam que investir em segurança é um ótimo negócio.

## 2.2. HISTÓRICO

As atividades laborativas nasceram com o homem e sempre houveram condições e atos inseguros. O problema dos acidentes e doenças profissionais acompanha o desenvolvimento das atividades do homem através dos séculos. Partindo da atividade predatória, evoluiu para a agricultura e o pastoreio, alcançou a fase do artesanato e atingiu a era industrial, sempre acompanhado de novos e diferentes riscos que afetavam e ainda afetam sua vida e saúde.

Na época atual, o trabalho humano vem se desenvolvendo sob condições em que os riscos são em quantidade e qualidade mais numerosos e mais graves do que aqueles que há mais de cem anos eram ameaça ao homem na sua busca diária de prover a própria subsistência.

O homem pré-histórico procurava proteção contra animais ferozes adestrando-se na caça e vivendo em cavernas. Inicialmente, a maneira com a qual subsistia e enfrentava os perigos era devida à sua astúcia, inteligência superior e uso de suas mãos. Com a descoberta do fogo e das armas e a própria organização tribal com maior planejamento e ação grupal, o homem evoluiu cientificamente e obteve maior proteção, porém, novos riscos foram introduzidos. A invenção do machado de pedra, um avanço para assegurar alimentação para si e sua família, incorria em graves acidentes devido à práticas inseguras em seu manejo. Portanto, tanto o homem pré-histórico quanto o da Idade da Pedra já estavam constantemente expostos a perigos na vida diária, em sua luta pela existência.

Correr riscos é pois, uma história antiga.

Antes da Revolução Industrial, com o artífice individual e ainda quando a força usada era em geral a humana ou a tração animal, os acidentes mais graves eram devidos à quedas, queimaduras, afogamentos, lesões devidas a animais domésticos. Com a aplicação da energia hidráulica à manufatura, seguida da aplicação da máquina a vapor e eletricidade, ocorreu uma evolução grandiosa na invenção de novas e melhores máquinas que acompanhassem a industrialização, incorporando novos riscos e tornando os acidentes de trabalho maiores e mais numerosos. Mesmo assim, pouco se falava em saúde ocupacional.

O desenvolvimento tecnológico e o domínio sobre forças cada vez mais amplas, deram nascimento a uma extensa gama de situações perigosas em que a máquina, as engrenagens, os gases, os produtos químicos, a poeira, etc., vem envolvendo o homem de tal forma que obrigam-no a agir com cautela enquanto trabalha, uma vez que está suscetível, a qualquer momento, de sofrer uma lesão irreparável ou até mesmo a morte.

Juntamente com a evolução industrial, as pessoas e empresas passaram a ter uma preocupação maior com o elevado índice de acidentes que se proliferava. Nos tempos modernos, uma das grandes preocupações nos países industrializados é com respeito à saúde e proteção do trabalhador no desempenho de suas atividades. Esforços vem sendo direcionados para este campo, visando uma redução do número de acidentes e efetiva proteção do acidentado e dependentes. Não é sem motivos que as nações vem se empenhando em usar meios e processos adequados para proteção do homem no trabalho, procurando evitar os acidentes que o ferem, destroem equipamentos e ainda prejudicam o andamento do processo produtivo.

Embora como citado, o trabalho, os riscos inerentes a ele e os acidentes tenham surgido na Terra junto com o primeiro homem, as relações entre as atividades laborativas e a doença permaneceram praticamente ignoradas até cerca de 250 anos atrás. Foi no século XVI que algumas poucas observações começaram a surgir, evidenciando a possibilidade de que o trabalho pudesse ser causador de doenças.

De acordo com SOTO (1978), as primeiras referências escritas, relacionadas ao ambiente de trabalho e dos riscos inerentes a eles, datam de 2360 a.c., encontradas num papiro egípcio, o "Papiro Seller II", que diz: "Eu jamais vi ferreiros em embaixadas e fundidores em missões. O que vejo sempre é o operário em seu trabalho; ele se consome nas goelas de seus fornos. O pedreiro, exposto a todos os ventos, enquanto a doença o espreita, constrói sem agasalho; seus dois braços se gastam no trabalho; seus alimentos vivem misturados com os detritos; ele se come a si mesmo, porque só tem como pão os seus dedos. O barbeiro cansa os seus braços para encher o ventre. O tecelão vive encolhido - joelho ao estômago - ele não respira. As lavadeiras sobre as bordas do rio, são vizinhas do crocodilo. O tintureiro fede a morrinha de peixe, seus olhos são abatidos de fadiga, suas mãos não param e suas vestes vivem em desalinho". Em 460 a.c. Hipócrates, considerado o Pai da Medicina, também fala dos acidentes e doenças de trabalho. No início da era cristã, Plínio novamente retoma o problema. Mas foi George Bauer quem fez um estudo concreto sobre as doenças que afetam os trabalhadores.

Como refere Hunter apud NOGUEIRA (1981), em 1556 George Bauer, conhecido por seu nome latino Georgius Agrícola publicava o livro "De Re Metallica", onde foram estudados os problemas relacionados à extração de minerais argentíferos e

auríferos e à fundição de prata e ouro. Ele discute os acidentes do trabalho e as doenças mais comuns entre os mineiros, em destaque a “asma dos mineiros”, que segundo Agrícola era provocada por poeiras corrosivas, cuja descrição dos sintomas e rápida evolução da doença demonstraram tratar-se de silicose, mas cuja origem não ficou claramente descrita por Agrícola. Onze anos após a publicação deste livro aparece a primeira monografia sobre as relações entre trabalho e doença, de autoria de Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim - o famoso Paracelso -, intitulada “Dos ofícios e doenças da montanha”, onde foram realizadas numerosas observações relacionando métodos de trabalho e substâncias manuseadas, com doenças. Fala, na sua obra, da silicose e das intoxicações pelo chumbo e mercúrio sofridas pelos mineiros e fundidores de metais.

Apesar da importância destes estudos, os mesmos permaneceram ignorados por mais de um século, não sendo feito nada a respeito da proteção e saúde do trabalhador.

Foi apenas em 1700, com a publicação da obra “De Morbis Artificum Diatriba” do médico italiano Bernardino Ramazzini que o assunto de doenças do trabalho começou a ter maior repercussão. Ramazzini, considerado o Pai da Medicina do Trabalho, descreveu uma série de doenças relacionadas a cerca de 50 profissões, deixando uma pergunta no ar “Qual é sua ocupação?”, qual não seja alertar para a desinformação quanto ao risco das inúmeras doenças que qualquer trabalhador poderia estar sendo alvo.

Mesmo sendo um marco para a Engenharia de Segurança, o trabalho de Ramazzini foi praticamente ignorado por quase um século, pois na época ainda predominavam as corporações de ofício com número pequeno de trabalhadores, com sistema de trabalho peculiar e, por este motivo, com pequena incidência de doenças profissionais.

Com o aparecimento da primeira máquina de fiar, a Revolução Industrial Inglesa entre 1760 e 1830 veio a mudar profundamente toda a história da humanidade. O advento das máquinas, que fiavam em ritmo muitíssimo superior ao do mais hábil artífice, a improvisação das fábricas e a mão-de-obra destreinada, constituída principalmente de mulheres e crianças, resultou em problemas ocupacionais extremamente sérios. Os acidentes de trabalho passaram a ser numerosos, quer pela falta de proteção das máquinas, pela falta de treinamento para sua operação, pela inexistência da jornada de trabalho, pelo ruído das máquinas monstruosas ou pelas más condições do ambiente de trabalho. A medida que novas fábricas se abriam e novas atividades industriais eram iniciadas, maior o número de doenças e acidentes, tanto de ordem ocupacional como não-ocupacional.

Diante do quadro apresentado e da pressão da opinião pública, criou-se no Parlamento Britânico, sob a direção de sir Robert Peel, uma comissão de inquérito, conseguindo em 1802 a aprovação da primeira lei de proteção aos trabalhadores, a “Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes”, estabelecendo a jornada diária de doze horas de trabalho, que proibia trabalho noturno, obrigava os empregadores a lavar as paredes das fábricas duas vezes por ano e tornava obrigatória a ventilação destas. Esta lei foi seguida de diversas outras complementares, mas mesmo assim, parcela mínima do problema foi resolvida, pois as leis, devido à forte oposição dos empregadores, geralmente tornavam-se pouco eficientes.

Em 1830, o proprietário de uma fábrica inglesa, descontente com as condições de trabalho de seus pequenos trabalhadores, procurou o médico inglês Robert Baker- que viria a ser nomeado pelo parlamento britânico como Inspetor Médico de Fábrica-, para auxiliá-lo quanto a melhor forma de proteger a saúde de seus operários. Baker, conhecedor da obra de Ramazzini e há bastante tempo estudando o problema de saúde dos trabalhadores aconselhou-o a contratar um médico para visitar diariamente o local e estudar a influência do trabalho sobre a saúde dos pequenos operários, que deveriam ser afastados de suas atividades quando notado que estas estivessem prejudicando a saúde dos mesmos. Era o surgimento do primeiro serviço médico industrial em todo o mundo.

O fato acima veio a culminar em 1831 com um relatório da comissão parlamentar de inquérito, sob a chefia de Michael Saddler, que finalizava com os seguintes dizeres: “Diante desta comissão desfilou longa procissão de trabalhadores - homens e mulheres, meninos e meninas. Abobalhados, doentes, deformados, degradados na sua qualidade humana, cada um deles era clara evidência de uma vida arruinada, um quadro vivo da crueldade do homem para com o homem, uma impiedosa condenação daqueles legisladores, que quando em suas mãos detinham poder imenso, abandonaram os fracos à capacidade dos fortes”. Em 1833, com o impacto deste relatório sobre a opinião pública, foi baixado o “Factory Act, 1833”, a Lei das Fábricas, a primeira legislação realmente eficiente no campo da proteção ao trabalhador, o que junto com a pressão da opinião pública, levou os industriais britânicos a seguirem o conselho de Baker. Neste mesmo ano, a Alemanha aprovava a Lei Operária. Criam-se assim os primeiros esforços do mundo industrial de reconhecimento à necessidade de proteção dos operários, fruto das reivindicações dos operários.

Em 1842, na Escócia, com James Smith como diretor-gerente de uma indústria têxtil, houve a contratação de um médico cujas incumbências iam desde o exame admissional e periódico até a orientação e prevenção das doenças tanto ocupacionais

como não ocupacionais. Passaram então a existir as funções específicas do médico na fábrica.

A partir daí, com o grande desenvolvimento industrial da Grã-Bretanha, uma série de medidas legislativas passaram a ser estabelecidas em prol da saúde e segurança do trabalhador. Desde a expansão da Revolução Industrial em diversos países do resto da Europa, houve o aparecimento progressivo dos serviços médicos na empresa industrial, sendo que em alguns países, sua existência passou de voluntária, como na Grã-Bretanha, a obrigatória.

Nos Estados Unidos, os serviços médicos e os problemas de saúde de seus trabalhadores não tiveram atenção especial, apesar do acentuado processo de industrialização a partir da metade do século passado. Os primeiros serviços médicos de empresa industrial começaram a surgir no início do presente século, a partir do aparecimento da legislação sobre indenizações em casos de acidentes de trabalho. O objetivo básico dos empregadores era então reduzir o custo das indenizações, sendo que nos últimos trinta-quarenta anos houve tal ampliação no programa, que os serviços médicos passaram a existir não somente nas indústrias cujo risco ocupacional fosse grande, mas também naquelas cujo risco era mínimo. Excelentes resultados foram obtidos neste país, levando os serviços médicos industriais a serem voluntariamente instalados nas fábricas, sendo que em 1954 deu-se origem aos princípios básicos que devem guiar o funcionamento desses, estabelecidos pelo Council of Industrial Health da American Medical Association e revistos em 1960 pelo Council on Occupational Health da mesma associação.

A conscientização e os movimentos mundiais com relação à saúde do trabalhador não poderia deixar de interessar à Organização Internacional do Trabalho (OIT) e à Organização Mundial da Saúde (OMS). Desta forma, em 1950, a Comissão conjunta OIT-OMS sobre Saúde Ocupacional, estabeleceu de forma ampla os objetivos da Saúde Ocupacional. O tema, desde esta época, foi assunto de inúmeros encontros da Conferência Internacional do Trabalho a qual, em junho de 1953, adotou princípios, elaborando a Recomendação 97 sobre a Proteção à Saúde dos Trabalhadores em Locais de Trabalho e estabeleceu, em junho de 1959, a Recomendação 112 com o nome "Recomendação para os Serviços de Saúde Ocupacional, 1959".

A OIT define o serviço de saúde ocupacional como um serviço médico instalado em um estabelecimento de trabalho, ou em suas proximidades, com os objetivos de:

- proteger os trabalhadores contra qualquer risco à sua saúde, que possa decorrer do seu trabalho ou das condições em que este é realizado;

- contribuir para o ajustamento físico e mental do trabalhador, obtido especialmente pela adaptação do trabalho aos trabalhadores, e pela colocação destes em atividades profissionais para as quais tenham aptidões;
- contribuir para o estabelecimento e a manutenção do mais alto grau possível de bem-estar físico e mental dos trabalhadores.

O Brasil, como o restante da América Latina, teve sua Revolução Industrial ocorrendo bem mais tarde do que nos países europeus e norte-americanos, por volta de 1930, e embora tivéssemos em menor escala a experiência de outros países, passamos pelas mesmas fases, sendo que em 1970, se falava ser o Brasil o campeão de acidentes do trabalho.

Os serviços médicos em empresas brasileiras são razoavelmente recentes, e foram criados por iniciativa dos empregadores, consistindo inicialmente em assistência médica gratuita para seus operários, geralmente vindos do campo. Estes serviços tinham caráter eminentemente curativo e assistencial e não preventivo como recomendado pela OIT. Os movimentos nascidos com o fim de que o governo brasileiro seguisse a recomendação 112 não surtiram resultado, e somente em junho de 1972 o Governo Federal baixando a Portaria nº 3.237 e integrando o Plano de Valorização do Trabalhador, tornou obrigatória a existência dos serviços médicos, de higiene e segurança em todas as empresas com mais de 100 trabalhadores.

Segundo MACHER (1981), não há dúvidas de que as doenças oferecem um sério obstáculo ao desenvolvimento sócio-econômico de um país, pois um trabalhador debilitado tem em grande parte sua capacidade de produção restringida, como pode ser verificado mais claramente nos países latino-americanos, cujo desenvolvimento ainda não proporcionou uma visão realmente clara da necessidade de se investir no bem-estar físico e mental de nossos trabalhadores. Conforme evoca o círculo vicioso da pobreza de Winslow, “a pobreza leva a doença e esta por sua vez a produzir mais e mais pobreza”, podemos nos reportar ao fato de que muitos trabalhadores que vivendo em condições inadequadas de habitação, saneamento, alimentação deficiente, baixa renda, com pouca ou nenhuma instrução em termos de higiene e grande exposição às doenças contagiosas, levam a uma situação de perdas para o país, tanto no aspecto econômico-financeiro quanto no humano-social. Os acidentes e doenças ocupacionais reduzem grandemente a capacidade da parcela mais significativa de uma nação, a população economicamente ativa, pela geração de incapacidade ou morte dos trabalhadores.

Os países da América Latina sofrem pelos elevados índices de incapacidade produzidos por acidentes e doenças profissionais, que se colocados em termos

monetários, as cifras resultantes causariam realmente impacto. Talvez seja este alto custo em acidentes do trabalho um dos fatores que impede muitas empresas, principalmente latino-americanas, de competir no mercado aberto. E ainda, muitos empresários, ou por ignorância ou por expectativa desmedida de lucros imediatos, não percebem que a proteção do trabalhador em suas funções e na comunidade é um bom negócio.

Na Latino América utiliza-se como recurso para sair da etapa de subdesenvolvimento um acelerado processo de industrialização a curto prazo, trazendo inegáveis benefícios econômicos, mas que por outro lado colocam o homem sob condições arriscadas, tanto em seu meio de trabalho quanto na comunidade. MACHER (1981), enfatiza que é antieconômico buscar o desenvolvimento industrial de um país sem resolver as conseqüências técnicas, sanitárias e sociais que este processo traz consigo, pois no balanço final verificar-se-ia que somente os custos de enfermidades e acidentes já seria superior aos novos bens produzidos.

Conforme sugere MARTHA (1981), não pode-se esquecer que por trás de qualquer máquina, equipamento ou material está o homem, a maior riqueza da nação, e se não bastasse isso para avaliarmos a importância da Segurança e Medicina do Trabalho, pode-se pensar que, enquanto uma indústria automobilística tem capacidade de produzir mais de 1.000 automóveis por dia com a ajuda humana, necessita-se de no mínimo 20 anos para formar um homem.

Torna-se imperativo que as próprias empresas com o passar do tempo passem a compreender a necessidade de prevenir acidentes e doenças ocupacionais, dado os danos e custos que produzem. Ao se estabelecer a obrigatoriedade das empresas de dispor de serviços especializados em segurança, higiene e medicina do trabalho, têm-se o propósito de evitar que acidentes e doenças ocupacionais ocorram e, em conseqüência, reduzir-se ao mínimo os danos que ocasionam.

### **2.3. A ENGENHARIA DE SEGURANÇA TRADICIONAL**

Segundo DE CICCIO e FANTAZZINI (1993), “o sistema convencional de análise tem um caráter puramente estatístico e está baseado em fatos ocorridos (acidentes), sendo os índices daí retirados de discutível representatividade para o estabelecimento de ações de controle que reflitam coerentemente a potencialidade dos riscos presentes em cada ambiente de trabalho”.

Sob o mesmo aspecto, de acordo com IIDA (1991), no sistema tradicional os acidentes são analisados pela frequência de ocorrência e um relatório com descrição sumária dos mesmos. Os relatórios geralmente apresentam poucas informações quanto às condições de trabalho no local do acidente, não fornecendo subsídios suficientes para que essas condições sejam aperfeiçoadas.

De acordo com KLETZ (1984?), o método tradicional de identificação de perigos, utilizado desde os princípios da tecnologia industrial até nossos dias, era o de se implantar uma fábrica e esperar para ver o que ocorria, ou seja, deixar que os acidentes ocorressem para só então tomar alguma atitude a respeito. Este tipo de método até poderia ser admissível antigamente, quando as dimensões do risco eram limitadas, mas de maneira alguma são concebíveis hoje em dia, em que a evolução é tal, que em função de maquinários, equipamentos e do próprio desenvolvimento do homem, acidentes podem acarretar consequências de elevada gravidade.

No modelo tradicional os programas de segurança são bastante limitados, baseando-se em alguns princípios já ultrapassados para o presente como: prevenção de lesões pessoais; atividade reservada para órgãos e pessoal especializado; ações reativas e não preventivas, baseadas em fatos já acontecidos - os acidentes, e; aceitação do acidente como fato inesperado e de causas fortuitas e ou incontroláveis.

Vejamos porque estes princípios ou filosofias básicas da engenharia de segurança tradicional são consideradas limitadas dentro da realidade atual:

**a) Segurança vista como sinônimo de prevenção de lesões pessoais:**

Inicialmente a segurança nasceu e prosperou como atividade para fazer frente aos excessos praticados pelas empresas contra a força de trabalho. A preocupação em termos de segurança era totalmente voltada para morte ou lesões incapacitantes permanentes dos trabalhadores. A partir de acordos e algumas leis específicas foram criados alguns planos de assistência, beneficiando o empregado e sua família. Com o passar do tempo e com os avanços das lutas sociais, além dos planos de assistência, os trabalhadores passaram a ser cobertos por seguros e outros dispositivos que os protegia não apenas contra as lesões incapacitantes permanentes mas também pela perda momentânea da capacidade de trabalho. Mais tarde, tiveram atenção especial outras formas de lesões pessoais, inclusive as que não afastavam o indivíduo do trabalho.

O fato das empresas adotarem planos para reduzir as lesões dos trabalhadores não aconteceu de forma voluntária, mas devido à pressão dos altos gastos financeiros oriundos das indenizações e seguros, às reivindicações sociais e à discriminação caso não acompanhassem os novos rumos da segurança.

Desta forma, apesar dos avanços, os acidentes que não envolvessem pessoas não tinham valor nenhum, embora muitos destes acidentes possuíssem as mesmas causas ou causas semelhantes aos acidentes com pessoas. O motivo deste desinteresse, talvez fosse devido ao simples desconhecimento do alto índice de ocorrência dos acidentes, bem como dos custos que acarretavam.

Apesar da evolução em que chegamos atualmente, em termos de engenharia e segurança do trabalho, esta filosofia perdura até hoje em grande parte das empresas e órgãos do governo, principalmente nos países subdesenvolvidos, sendo que grande parte dos acidentes como: quebra de equipamentos, interrupção do processo produtivo e agressões ao meio ambiente, não são nem mesmo registrados e muito menos analisados ou divulgados.

#### **b) O acidente sendo mal definido:**

Os acidentes eram considerados fatos inesperados, de causas fortuitas e/ou desconhecidas. Esta definição errônea coloca os acidentes, em grande parte, como ocorrências inevitáveis e incontroláveis. Esta constatação leva as pessoas em geral e a organização como um todo, a um estado de inércia frente aos acidentes, sem que seja tomada nenhuma atitude para sua prevenção. Esta inércia poderia ser explicada por uma conclusão lógica de que sendo o acidente inevitável, nada poderia ser feito para evitá-lo.

No entanto, sabe-se que os acidentes com causas fortuitas ou desconhecidas devem-se geralmente a fatores incontroláveis da natureza como terremotos, maremotos, raios, etc., sendo os demais acidentes geralmente previsíveis e, portanto, controláveis.

Atualmente os acidentes são considerados como fatos indesejáveis, podendo as causas da maior parte dos mesmos serem conhecidas e controladas. Este controle depende da eficiência das equipes e pessoas envolvidas, ficando tanto a investigação quanto a prevenção aliadas aos materiais e recursos disponíveis e à capacidade, iniciativa e criatividade do pessoal técnico de segurança e da alta administração da empresa.

#### **c) Programas direcionados para fatos já acontecidos:**

Os programas tradicionais de segurança eram desenvolvidos para agir após os acidentes já terem acontecido tendo, quanto muito, um caráter corretivo. A postura era esperar os acidentes acontecerem para só então agir, atacando as conseqüências ou evitando acidentes semelhantes. Não existia de forma alguma o enfoque preventivo.

A preocupação com segurança preventiva ocorreu apenas mais tarde, quando surgiram os conceitos de ato inseguro e condição insegura. Os enfoques tradicionais passaram, então, a ser substituídos por outros mais modernos, com uma maior

preocupação com os acidentes pessoais e perdas a eles associadas, bem como com as perdas relativas a outros tipos de acidentes e não apenas os que envolvessem pessoas.

Hoje, existem modelos que procuram explicar o acidente, mostrando-o como sendo um evento participante de uma cadeia que possui: um antes, um durante e um depois. Conhecendo-se os estágios desta cadeia é possível identificar os pontos de ataque para mudar, controlar ou interromper a cadeia original, com o objetivo de evitar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes e as perdas deles originárias.

**d) As atividades de segurança sendo centralizadas por pessoas e órgãos especializados:**

O fato de nos modelos tradicionais a segurança ser desenvolvida por órgãos especializados acabou por deixar os executantes pouco informados e pouco capazes de agir de forma preventiva, já que a mesma vem de outros órgãos, de outras pessoas. Deste modo, por não conhecer em profundidade todos os trabalhos executados numa empresa, o profissional especializado de segurança fica impossibilitado de prever e, por conseguinte, prevenir de forma completa os perigos inerentes aos trabalhos os quais não domina. Por ser tarefa de um órgão especializado, os trabalhadores e pessoas que não fazem parte da área de segurança acabam por achar que esta tarefa não é de sua responsabilidade, havendo descomprometimento por parte dos mesmos.

Atualmente sabe-se que para ser completa e eficaz, a segurança deve nascer e progredir junto com a tecnologia da área. Toda a organização deve estar integrada, e todo trabalho deve ser pensado e planejado com segurança sendo, portanto, a execução segura uma decorrência natural.

Na década de 60 já sabia-se que programas com a filosofia tradicional limitava as atividades de segurança, havendo estagnação de resultados e desmotivação, além de falta de interesse, tanto por parte de empregados como das chefias e supervisão. Diversos autores que buscavam em seus estudos intensificar as atividades de segurança nas empresas, e com isso obter melhores resultados nas estatísticas e nos custos, apontavam as limitações da filosofia tradicional.

No entanto, mesmo tendo consciência das limitações do sistema convencional de análise de riscos, não deve-se, sobremaneira, desprezá-lo ou minimizar sua importância. Os índices, taxas e medidas fornecidas pelo mesmo nos são importantes instrumentos para servir de base às modernas técnicas de análise de riscos, para efetuar inferências, conhecer e avaliar a severidade dos riscos potenciais nos ambientes de trabalho,

estabelecer prioridades e programas e, principalmente, dar o primeiro passo para controlar e, o que é mais importante, detectar falhas ou imprevistos antes que ocorram os acidentes podendo, assim, preveni-los.

Desta forma, não cabe desprestigiar totalmente os programas tradicionais, pois qualquer programa de segurança, pelo simples fato de existir, já é um fator positivo. Os métodos tradicionais têm, isso sim, alcance limitado frente aos problemas e exigências, hoje características, tanto de órgãos governamentais quanto da iniciativa privada.

Pode-se concluir que na filosofia tradicional as causas fundamentais e básicas dos acidentes não eram atacadas simplesmente por não serem devidamente conhecidas. As pessoas e a estrutura como um todo tinham uma posição passiva, esperando um fato por eles considerado inevitável - o acidente, para só então agir ou melhor, reagir formando equipes para combater emergências sem nenhum caráter preventivo. Pouca ou nenhuma atenção era dada a danos materiais e ambientais que pudessem ocorrer, sendo os acidentes que não envolvessem pessoas considerados como decorrência normal da atividade. Desta forma os custos dos acidentes não eram conhecidos, já que os pessoais são de difícil quantificação e os outros eram aceitos como custos normais de produção. Como decorrência de todo o processo tradicional, os empregados, chefias e supervisão ficavam pouco engajados e pouco comprometidos com as atividades e resultados envolvendo segurança.

Foi graças aos estudos de Heinrich, Bird, Fletcher e depois Hammer (abordados a seguir) que a engenharia de segurança passou a ter um outro enfoque, dando surgimento às doutrinas preventivas de segurança. Segundo esta nova visão, a atividade de segurança só é eficaz quando essencialmente dirigida para o conhecimento e atuação no foco, nas causas dos acidentes, envolvendo para isso toda a estrutura organizacional, desde os níveis mais altos de chefia e supervisão até o mais baixo escalão.

#### **2.4. ESTUDOS REALIZADOS**

Diversos autores se destacaram e desenvolveram importantes estudos buscando uma melhor compreensão dos problemas relativos à segurança, propondo metodologias para mudança no estilo de abordagem e trabalhando na obtenção de melhores resultados.

É através desta mudança de abordagem que o termo acidente passa a ter outra conotação, que de causas fortuitas, desconhecidas e incontroláveis passou a ser visto como sendo ocasionado por causas indesejáveis que podem ser conhecidas previamente e, portanto, controladas. O acidente passou a ser visto de forma mais ampla, onde sem

relegar os acidentes com lesões pessoais, passaram a ser considerados acidentes todas aquelas situações que de forma direta ou indireta viessem a comprometer o bom andamento do processo produtivo, quer pela perda de tempo, pela quebra de equipamento ou qualquer outro incidente envolvendo ou não o homem, provocando ou não lesão, mas que tenha provocado desperdício, ou seja perdas tanto a nível monetário quanto pessoal.

#### 2.4.1. ESTUDOS DE H.W. HEINRICH E R.P. BLAKE - (Idéia de acidentes com danos à propriedade - acidentes sem lesão)

Foram os primeiros a apontar que apenas a reparação de danos não era suficiente e sim a necessidade de ações tão ou mais importantes, que além de assegurar o risco de acidentes (pela abordagem tradicional acidente = lesão) tendessem a preveni-los.

Heinrich pertencia a uma companhia de seguros dos Estados Unidos e em 1926, a partir da análise de acidentes do trabalho liquidados por sua companhia, iniciou uma investigação nas empresas em que os acidentes haviam ocorrido, tentando obter informações sobre os gastos adicionais que as mesmas haviam tido, além das indenizações pagas pelo seguro. Os dados refletiam a média da indústria americana, não sendo sua intenção, no entanto, generalizar esta estimativa para todos os casos de levantamento de custos de acidentes nas empresas.

Desta forma, Heinrich chamou de custos diretos os gastos da companhia seguradora com a liquidação de acidentes, e de custos indiretos as perdas sofridas pelas empresas em termos de danos materiais e de interferências na produção. Com relação a estes custos, em 1931 Heinrich revelou em sua pesquisa a relação 4:1 (custos indiretos : custos diretos) entre os custos dos acidentes, ou seja, os custos indiretos eram cerca de 4 vezes maiores do que os custos diretos, para a indústria como um todo.

De acordo com DE CICCIO (1984) a consistência e o significado da proporção de 4 para 1 são extremamente fracos, e o fato de não ter sido utilizado nenhum modelo padronizado para o cálculo dos referidos custos torna o emprego desta proporção totalmente inviável, além do que, a necessidade da realização de estudos específicos e da não generalização deriva também do fato de que esta relação poder variar de 2,3:1 até 100:1, não sendo objetivo do autor aplicar tal proporção em casos individuais e específicos.

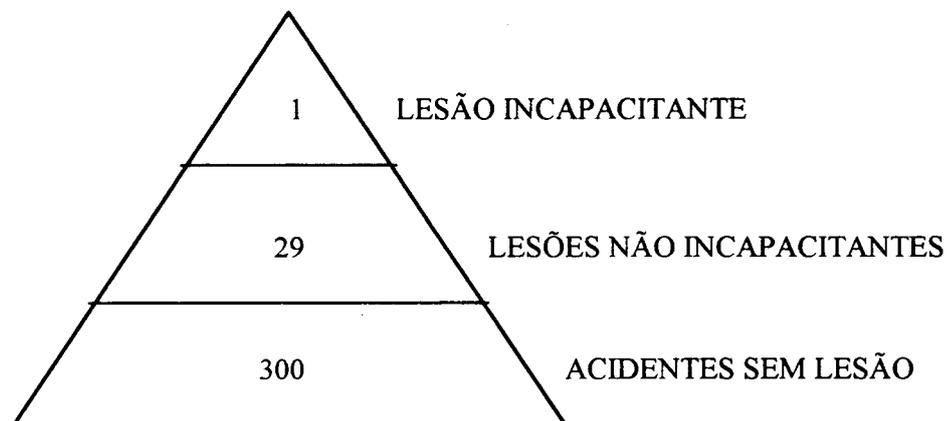
Em 1947, a partir dos estudos de outro norte-americano R.H. Simonds *apud* DE CICCIO (1984), os termos custo direto e custo indireto de Heinrich foram substituídos, respectivamente, por custo segurado e custo não segurado. O método proposto por

Simonds, para o cálculo dos custos de acidentes, enfatiza a realização de estudos-piloto em cada empresa, dos custos associados a quatro tipos básicos de acidentes: lesões incapacitantes, casos de assistência médica, casos de primeiros socorros e acidentes sem lesão.

Foi Heinrich quem introduziu pela primeira vez a idéia de acidentes sem lesão, ou seja, os acidentes com danos a propriedade. Sob este enfoque são considerados todos aqueles acidentes que, de uma forma ou de outra, comprometem o andamento normal de uma atividade, provocando danos materiais.

As proporções obtidas entre os diversos tipos de acidentes: com lesão incapacitante, com lesões não incapacitantes e acidentes sem lesão, obtidos pelos estudos de Heinrich, são os representados na figura 2.1.

De acordo com a pirâmide de Heinrich observa-se que para 1 acidente com lesão incapacitante, correspondiam 29 acidentes com lesões menores e outros 300 acidentes sem lesão. Esta grande parcela de acidentes sem lesão não vinha sendo considerada, até então, em nenhum aspecto, nem no financeiro e nem no que tange aos riscos potenciais que implica à saúde e vida do trabalhador caso algum fator contribuinte (ato ou condição insegura) os transformassem em acidentes com perigo de lesão.



Fonte: DE CICCIO e FANTAZZINI (1993)

Figura 2.1. - Pirâmide de Heinrich (1931)

Heinrich *apud* HEMÉRITAS (1981), em sua obra “Industrial Accident Prevention”, aponta que os acidentes de trabalho, com ou sem lesão, são devidos à personalidade do trabalhador, à prática de atos inseguros e à existência de condições

inseguras nos locais de trabalho. Supõe-se, desta forma, que as medidas preventivas devem ater-se ao controle destes três fatores causais. Neste ponto, pode-se ter uma idéia da importância e do não esquecimento dos mecanismos tradicionais, pois o reconhecimento e identificação das causas podem ser realizados através da coleta de dados durante a investigação dos acidentes. O uso dos quadros estatísticos baseados nesta coleta podem ser fundamentais para elaboração e programação da prevenção de acidentes.

Anos mais tarde, R. P. Blake analisando o assunto sob o mesmo ponto de vista de Heinrich, chegou a formular com ele afirmativas e sugestões, visando a diminuição da perda por acidentes. Do ponto de vista destes autores as empresas, mais do que promover medidas de proteção social a seus empregados, deveriam efetivamente preocupar-se em evitar os acidentes, sendo eles de qualquer natureza. Esta sugestão estava calcada no pressuposto de que, segundo suas observações, apesar das empresas direcionarem esforços na proteção social de seu empregado, as perdas materiais com acidentes continuavam a ser de grande magnitude sendo que, muitas vezes, os acidentes com danos à propriedade tinham as mesmas causas ou, pelo menos, causas semelhantes aos dos acidentes pessoais.

#### 2.4.2. ESTUDOS DE FRANK E. BIRD JR. - (Controle de Danos, Prevenção de Perdas, Controle de Perdas)

Apesar de já haver sido alertado por Heinrich duas décadas antes, foi somente na década de 50 que tomou forma nos E.U.A um movimento de grande valorização dos programas de prevenção de riscos de danos materiais.

O Conselho Nacional de Segurança dos E.U.A., em 1965, concluiu que em dois anos o país havia perdido em acidentes materiais uma parcela que se igualava ao montante de perdas em acidentes pessoais, chegando as perdas a uma cifra de US\$ 7,2 e US\$ 7,1 bilhões para danos materiais e pessoais respectivamente. E mais, em 1965 os acidentes com danos materiais nas empresas superavam, quase em duas vezes, as perdas com danos materiais em acidentes de trânsito no ano de 1964, ficando as perdas em um valor de US\$ 1,5 bilhões para estes e de US\$ 2,8 bilhões para aqueles. Nesta mesma época estimativas semelhantes começaram a ser realizadas pelas empresas.

Em 1915 a Luckens Steel, empresa siderúrgica da Filadélfia, havia nomeado um Diretor de Segurança e Bem-Estar conseguindo, com isto, reduzir, até 1954, o coeficiente de frequência de 90 para 2 acidentes pessoais por milhão de homens-hora trabalhados. Igual sucesso, porém, não obteve na redução dos acidentes graves com

danos à propriedade sofridos pela empresa neste mesmo ano. Os controles de medição de custos e programas executados durante os 5 anos subsequentes serviram para mostrar à gerência, os grandes danos incorridos na empresa por decorrência de acidentes materiais. Em 1956, reconhecendo a importância do problema, os acidentes com danos à propriedade eram, então, incorporados aos programas de prevenção de lesões já existentes na empresa.

Face aos resultados satisfatórios obtidos, o ano de 1959 foi adotado como base para o futuro, sendo o custo dos danos à propriedade observado neste ano-base de US\$ 325.545 por milhão de horas-homem trabalhadas. Em 1965 o mesmo custo era estimado em US\$ 137.832 por milhão de horas-homem trabalhadas, com uma redução, durante estes 7 anos, de US\$ 187.713.

Na Luckens Steel, Bird desenvolveu seus estudos e iniciou um programa de Controle de Danos, que sem descuidar dos acidentes com danos pessoais - o homem é o fator preponderante em qualquer programa de engenharia de segurança -, tinha o objetivo principal de reduzir as perdas oriundas de danos materiais. A motivação inicial para seu trabalho foram os acidentes pessoais e a consciência dos acidentes ocorridos durante este período com ele e seus companheiros de trabalho, já que o próprio Bird fora operário da Luckens Steel. Estes dois fatores aliados levaram-no a se preocupar com a área de segurança. Os quatro aspectos básicos do programa por ele elaborado foram: informação, investigação, análise e revisão do processo.

Em 1966, baseando sua teoria de Controle de Danos em uma análise de 90.000 acidentes ocorridos na Luckens Steel, durante um período de mais de 7 anos, observou que do total, 145 acidentes foram incapacitantes, 15.000 acidentes com lesão e 75.000 foram acidentes com danos à propriedade. Assim, Bird chegou a proporção entre acidentes pessoais e com danos à propriedade mostrada na figura 2.2.

Pela pirâmide de Bird, na figura 2.2., observa-se que para cada acidente com lesão incapacitante, ocorriam 100 pequenos acidentes com lesões não incapacitantes e outros 500 acidentes com danos à propriedade.

Bird, em seu trabalho, também estabeleceu a proporção entre os custos indiretos (não-segurados) e os diretos (segurados), obtendo a proporção 6,1:1. O objetivo do estabelecimento de tais custos foi o de mostrar como cada empresa pode estimar os seus individuais. Cabe ressaltar que a proporção de Bird (6,1:1) não é mais significativa do que a proposta, por exemplo, por Heinrich (4:1), e que cada empresa deve, na verdade, fazer inferências sobre os resultados dos próprios dados levantados.



Fonte: DE CICCIO e FANTAZZINI (1993)

Figura 2.2. - Pirâmide de Bird (1966)

Ao invés de simples *slogans*, como era comum na época, o trabalho de Bird teve o mérito de apresentar dados com projeções estatísticas e financeiras, além das perdas materiais e pessoais sofridas pela empresa.

Apesar disto, nos últimos 10 anos não houve diminuição significativa na taxa de frequência de acidentes havendo, isso sim, uma diminuição de cerca de 50% na taxa de gravidade dos mesmos.

Segundo Bird *apud* OLIVEIRA (1991) a forma de se fazer segurança é através do combate a qualquer tipo de acidente e que a redução das perdas materiais liberará novos recursos para a segurança.

Mais tarde, os estudos de Bird foram denominados de Controle de Perdas e os programas gerenciais como Administração do Controle de Perdas, cuja visão, anos mais tarde, foi bastante ampliada pelos estudos de Fletcher que incorpora outros fatores como: proteção ao meio ambiente, qualidade, projeto, confiabilidade, etc.

#### 2.4.3. ESTUDOS DA INSURANCE COMPANY OF NORTH AMERICA (ICNA) - (Dados estatísticos sobre acidentes pessoais e materiais)

Seguindo-se aos estudos de Bird, em 1969 a ICNA analisou e publicou um resumo estatístico de dados levantados junto a 297 empresas que empregavam cerca de 1.750.000 pessoas, onde foram obtidos 1.753.498 relatos de ocorrências. Esta amostra, consideravelmente maior, propiciou chegar-se a uma relação mais precisa que a de Bird e Heinrich quanto à proporção de acidentes, além de incluir um fato novo - os quase acidentes.

Como pode-se observar na figura 2.3, as proporções obtidas pela ICNA demonstram que, para cada acidente com lesão grave associam-se 10 acidentes com lesão leve, 30 acidentes com danos à propriedade e 600 acidentes sem lesão ou danos visíveis - os quase acidentes.

Cabe aqui ressaltar a importância da inclusão dos acidentes sem lesão ou danos visíveis, pois, por serem quase-acidentes os mesmos nos revelam potenciais enormes de acidentes, ou seja, situações com risco potencial de ocorrência sem que tenha havido, ainda, a perda pessoal ou não pessoal.



Fonte: DE CICCIO e FANTAZZINI (1993)

Figura 2.3. - Pirâmide da ICNA (1969)

Apesar do objetivo da ICNA ser exclusivamente econômico-financeiro, os resultados apresentados são de grande importância não só para evitar as perdas materiais, mas também para evitar as perdas pessoais, já que se o acidente “quase ocorreu”, a perda também “quase aconteceu” e se realmente ocorresse, poderia ser tanto material como pessoal.

#### 2.4.4. ESTUDOS DE JOHN A. FLETCHER E H.M. DOUGLAS (Controle Total de Perdas)

Os estudos de Fletcher e Douglas vieram aprofundar os trabalhos de Bird.

Em 1970, Fletcher propôs o estabelecimento de programas de Controle Total de Perdas, ou seja, a aplicação dos princípios do Controle de Danos de Bird a todos os acidentes com máquinas, materiais, instalações, meio ambiente, etc. sem, contudo, deixar de lado ações de prevenção de lesões.

Objetivando reduzir e eliminar todos os acidentes que pudessem interferir ou paralisar o sistema, os programas de Controle Total de Perdas preocupam-se com todo e qualquer tipo de evento que interfira negativamente no processo produtivo, prejudicando a utilização plena do pessoal, máquinas, materiais e instalações.

A filosofia de Fletcher é a que mais se aproxima dos modernos programas de segurança. Cabe ressaltar, que apesar de generalizar as atividades para outros campos não pessoais, os acidentes pessoais são obrigatoriamente parte integrante dos programas de segurança que seguem esta filosofia.

#### 2.4.5. ESTUDOS DE WILLIE HAMMER (Engenharia de Segurança de Sistemas)

Apesar do grande avanço ocorrido com as filosofias de Controle de Danos de Bird e Controle Total de Perdas de Fletcher, as mesmas incluíam somente práticas administrativas, quando os problemas de prevenção de perdas também exigiam e exigem soluções de ordem técnica.

A partir de 1972, criou-se uma nova mentalidade, fundamentada nos trabalhos de Willie Hammer, atentando-se para a necessidade de dar um enfoque sob o ponto de vista de engenharia às abordagens de administração e de controle de resultados preconizados por Heinrich, Bird, Fletcher e outros. Segundo ele, as atividades administrativas eram muito importantes, porém, existiam problemas técnicos que obrigatoriamente teriam que ter soluções técnicas.

A experiência na área de projetos e participação na força aérea e nos programas espaciais norte-americanos permitiu ao engenheiro e especialista na área de Engenharia de Segurança de Sistemas, Willie Hammer, reunir as diversas técnicas utilizadas na força aérea e aplicá-las, após adaptação, na indústria. Estas técnicas, com alto grau de integração com a Engenharia de Confiabilidade, demonstraram ser de grande valia na preservação dos recursos humanos e materiais dos sistemas de produção.

Os estudos de Hammer vieram ajudar a compreender melhor os erros humanos. Muitos desses erros são provocados por projetos ou materiais deficientes e, por este mesmo motivo, devem ser debitados à organização e não ao executante - o operário.

## 2.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A partir dos estudos realizados, grande desenvolvimento ocorreu na área de segurança. Passando de um enfoque puramente informativo para corretivo, preventivo e por último um enfoque que, englobando todos os demais, procura integrar toda a organização num esforço conjunto de dar proteção ao empregado, resguardando sua saúde e sua vida e propiciando o progresso da organização como empresa.

Como conclusões e resultados dos enfoques abordados pode-se citar vários pontos:

- a) Os enfoques tradicionais e os programas de segurança dirigidos apenas à prevenção de lesões estão corretamente sendo substituídos por outros, onde todas as ocorrências que interfiram na produção e na plena utilização dos recursos, além da proteção ao meio ambiente são consideradas em conjunto, isto sem colocar a proteção pessoal em segundo plano. Muito pelo contrário, ao abranger um número maior de situações, maior atenção e proteção se dá ao homem, objetivo primeiro de todo e qualquer programa;
- b) Os estudos de Bird e seus antecessores, que deram forma a sistemática de Controle de Danos, fornecem métodos para aferir, controlar e projetar as possíveis perdas dos sistemas produtivos, por isso não devem ser preteridas;
- c) Os preceitos formulados por Bird e a complementação dada por Fletcher e Douglas permitiram a criação de uma doutrina administrativa, permitindo às empresas estabelecer programas gerais de segurança, que além de considerar os danos pessoais, também considera outros danos, como os danos à propriedade e ainda os quase-acidentes. As técnicas de recursos humanos, de motivação, treinamento, dinâmica de grupo, que são conceitos consagrados de administração de empresas, juntamente com outras técnicas sistemáticas de cálculos, correlações e projeções de custos são utilizadas por estas doutrinas, aplicando-as às possíveis perdas advindas de acidentes com danos pessoais e materiais. Além destas técnicas, outras já aplicadas na segurança tradicional foram adaptadas, ampliando seu enfoque para programas mais participativos e responsáveis do ponto de vista das gerências, em todos os níveis e mais abrangentes quanto às áreas envolvidas;
- d) Tornou-se necessário uma visão mais técnica para complementar os estudos de Bird e Fletcher, pois os problemas relacionados com o processo produtivo, a manutenção e o projeto tinham, até então, soluções específicas muito no plano filosófico. Conforme preconizado por Hammer, a visão técnica aliada à doutrina administrativa permite o conhecimento dos riscos de uma atividade através de custos mais baixos. Embora possa-

se pensar que estes programas esqueçam o homem e fixam-se nos resultados econômico-financeiros, a experiência tem mostrado que estes programas são eficazes tanto para redução de perdas materiais quanto de pessoais. Quando corretamente aplicados, estes programas poderão melhorar a segurança de forma direta, como também na aplicação dos recursos financeiros advindos da redução das perdas dos acidentes;

e) O trabalhador, ao participar de um programa mais amplo poderá conhecer melhor os riscos a que está exposto e quais as medidas eficazes para sua redução ou eliminação, pois através de educação e treinamento ele será mais preciso nas suas atividades, já que possuirá um maior conhecimento da tecnologia que opera reduzindo, por sua iniciativa ou exigindo de terceiros, os efeitos da mesma sobre si.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Na década de 60 os trabalhos de diversos autores de renome mundial apontavam para a ineficácia e pobreza dos enfoques dos programas de engenharia de segurança tradicional.

Dado o seu enfoque limitado e calcado basicamente sobre algumas estatísticas que não refletiam a gravidade real do problema, o que ocorria era uma estagnação de resultados, não havendo suficiente engajamento por parte de empregados e empregadores.

Os estudiosos do problema analisaram aspectos concernentes à engenharia de segurança e lançaram as “doutrinas preventivas de segurança”.

Estas doutrinas formam hoje o que chamamos de “Prevenção e Controle de Perdas”, concebidas como um conjunto de diretrizes administrativas, onde os acidentes são vistos como fatos indesejáveis, cujas causas podem ser evitadas.

As doutrinas possuem visões diferenciadas sobre os acidentes, suas causas e conseqüências, como também sobre as medidas preventivas a adotar. Porém, embora diferentes, elas têm como ponto em comum o princípio de que a atividade de segurança só é eficaz quando, conhecidas as causas dos acidentes fixa-se a atuação sobre as mesmas, buscando a sua eliminação e necessitando para isso, o envolvimento de toda a estrutura organizacional.

Nesta abordagem considera-se que existem perdas empresariais como: produtos fora de especificação, agressão ao meio-ambiente, perdas com materiais, desperdícios e paradas de produção, que são provocadas por causas semelhantes às perdas provocadas por acidentes com lesões pessoais.

Dentro da metodologia de Prevenção e Controle de Perdas, a teoria de Controle de Danos de Bird ampliada pelo Controle Total de Perdas de Fletcher e, aliados aos conceitos tradicionais de segurança, enfatizam a ação administrativa na tarefa de prevenção e controle das perdas. Já a Engenharia de Segurança de Sistemas ampliando tal postura, defende que problemas técnicos prescindem de soluções técnicas.

Modernamente, a divulgação e aplicação das metodologias de Análise de Segurança de Sistemas com o auxílio da Teoria da Confiabilidade, vem consolidando o conceito de que a Prevenção e Controle de Perdas é uma diretriz de posturas administrativas, com o objetivo principal de conhecer os riscos de uma atividade e promover medidas tanto administrativas quanto técnicas para seu controle e prevenção.

---

## **CAPÍTULO III**

---

# **A ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO E O PREVENCIÓNISMO**

*"... O prevençionismo em seu mais amplo sentido evoluiu de uma maneira crescente, englobando um número cada vez maior de fatores e atividades, desde as precoces ações de reparação de danos (lesões) até uma conceituação bastante ampla, onde se buscou a prevenção de todas as situações geradoras de efeitos indesejados ao trabalho."  
Francesco M.G.A.F. De Cicco e Mário Luiz Fantazzini ( 1979)*

<b>3.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. A EVOLUÇÃO DO PREVENCIÓNISMO .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. DEFINIÇÕES BÁSICAS .....</b>	<b>33</b>
3.3.1. A TEORIA DOS PORTADORES DE PERIGOS .....	35
<b>3.4. CONTROLE DE DANOS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5. CONTROLE TOTAL DE PERDAS .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6. ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS .....</b>	<b>43</b>

### 3.2. A EVOLUÇÃO DO PREVENCIÓNISMO

O início da Revolução Industrial em 1780, a invenção da máquina a vapor por James Watts em 1776 e do regulador automático de velocidade em 1785, marcaram profundas alterações tecnológicas em todo o mundo.

Foi este avanço tecnológico que permitiu a organização das primeiras fábricas modernas, a extinção das fábricas artesanais e o fim da escravatura, significando uma revolução econômica, social e moral.

Porém, foi com o surgimento das primeiras indústrias que os acidentes de trabalho e as doenças profissionais se alastraram, tomando proporções alarmantes. Os acidentes de trabalho e as doenças eram, em grande parte, provocados por substâncias e ambientes inadequados, dadas as condições subumanas em que as atividades fabris se desenvolviam, e grande era o número de doentes e mutilados.

Apesar de apresentar algumas melhoras com o surgimento dos trabalhadores especializados e mais treinados para manusear equipamentos complexos, que necessitavam cuidados especiais para garantir maior proteção e melhor qualidade, esta situação ainda perdurou até a Primeira Guerra Mundial. Até esta data apenas algumas tentativas isoladas para controlar os acidentes e doenças ocupacionais haviam sido feitas. A partir de sua real constatação surgem as primeiras tentativas científicas de proteção ao trabalhador, com esforços voltados ao estudo das doenças, das condições ambientais, do lay-out de máquinas, equipamentos e instalações, bem como das proteções necessárias para evitar a ocorrência de acidentes e incapacidades.

Durante a Segunda Grande Guerra, o movimento prevencionista realmente toma forma, pois foi quando pôde-se perceber que a capacidade industrial dos países em luta seria o ponto crucial para determinar o vencedor, capacidade esta, mais facilmente adquirida com um maior número de trabalhadores em produção ativa.

A partir daí, a Higiene e Segurança do Trabalho transformou-se, definitivamente, numa função importante nos processos produtivos e enquanto nos países desenvolvidos este conceito já é popularizado, os países em desenvolvimento lutam para implantá-lo.

Nos países da América Latina, a exemplo da Revolução Industrial, a preocupação com os acidentes do trabalho e doenças ocupacionais também ocorreu mais tardiamente, sendo que no Brasil os primeiros passos surgem no início da década de 30 sem grandes resultados, tendo sido inclusive apontado na década de 70 como o campeão em acidentes

do trabalho. Apesar disto, pode-se dizer que atualmente nós, latino-americanos, evoluímos muito neste campo.

A problemática econômica, sócio-econômica, humana, psicológica tem tal magnitude que pode-se afirmar que um país em vias de desenvolvimento só sairá deste estágio com sucesso, se os acidentes e doenças do trabalho estiverem sob controle.

Sob o aspecto humano, a preservação da integridade física é um direito de todo o trabalhador, pois a incapacidade permanente para o trabalho poderá transformá-lo num inválido, com a conseqüente perda para a Nação.

Segundo HEMÉRITAS (1981), a Segurança do Trabalho, para ser entendida como prevenção de acidentes na indústria, deve preocupar-se com a preservação da integridade física do trabalhador e também precisa ser considerada como fator de produção. Os acidentes, provocando ou não lesão no trabalhador, influenciam negativamente na produção através da perda de tempo e de outras conseqüências que provocam, como: eventuais perdas materiais; diminuição da eficiência do trabalhador acidentado ao retornar ao trabalho e de seus companheiros, devido ao impacto provocado pelo acidente; aumento da renovação de mão-de-obra; elevação dos prêmios de seguro de acidente; moral dos trabalhadores afetada; qualidade dos produtos sacrificada.

De acordo com SOTO (1978), as cifras correspondentes aos acidentes do trabalho representam um entrave ao plano de desenvolvimento sócio-econômico de qualquer país, cifras estas que se avolumam sob a forma de gastos com assistência médica e reabilitação dos trabalhadores incapacitados, indenizações e pensões pagas aos acidentados ou suas famílias, prejuízos financeiros decorrentes de paradas na produção, danos materiais aos equipamentos, perdas de materiais, atrasos na entrega de produtos e outros imprevistos que prejudicam o andamento normal do processo produtivo.

Desta forma, de algumas décadas passadas até nossos dias, estudiosos dedicaram-se ao estudo de novas e melhores formas de se preservar a integridade física do homem e do meio em que atua, através do controle e, o que é mais importante, da prevenção dos riscos potenciais de acidentes.

Assim, em diversos países surgiram e evoluíram ações voltadas, inicialmente, à prevenção de danos causados às pessoas advindos de atividades laborais. Foram elaboradas normas e disposições legais com o fim social de reparação de danos às lesões pessoais. Surge o seguro social, realizando, até hoje, ações assegurando o risco de acidentes, ou seja, o risco de lesões.

Entretanto, a medida que a preocupação quanto a reparação das lesões se avolumava, estudiosos como H.W. Heinrich e Roland P. Blake apontavam com outro enfoque, onde além de assegurar o risco de lesões, indicavam a importância de ações que tendessem a prevenir os acidentes antes dos mesmos se tornarem fato concreto.

Juntamente ao seguro social, começaram então a desenvolverem-se estudos e criaram-se técnicas que propiciaram a evolução do prevenicionismo.

Um dos primeiros e significativos avanços no controle e prevenção de acidentes foi a teoria de Controle de Danos concretizada nos estudos de Bird e complementada pela teoria de Controle Total de Perdas de Fletcher. Com a Engenharia de Segurança de Sistemas introduzida por Hammer, surgem as técnicas de análise de riscos com o que hoje se tem de melhor em prevenção. A visão do acidente sobe a um patamar onde o homem é o ponto central, rodeado de todos os outros componentes que compõe um sistema: equipamentos, materiais, instalações e hoje, numa visão mais moderna de qualidade, o meio ambiente e a preservação à natureza. Cabe ressaltar que ao buscar-se o objetivo abrangente da prevenção e controle de perdas, quer pelo Controle de Danos, Controle Total de Perdas ou Engenharia de Segurança de Sistemas, se está buscando mais intensamente a proteção do homem.

Antes de iniciarmos ao estudo das teorias de controle e prevenção de perdas e das técnicas por elas utilizadas, e facilitar seu entendimento, é necessário introduzir algumas definições básicas dos termos fundamentais em gerenciamento de riscos como: ato inseguro, condição insegura, perigo, risco, acidente, etc., que veremos a seguir.

### **3.3. DEFINIÇÕES BÁSICAS**

“Acidentes ocorrem desde os tempos imemoriais, e as pessoas têm se preocupado igualmente com sua prevenção há tanto tempo. Lamentavelmente, apesar do assunto ser discutido com frequência, a terminologia relacionada ainda carece de clareza e precisão. Do ponto de vista técnico, isto é particularmente frustrante, pois gera desvios e vícios de comunicação e compreensão, que podem aumentar as dificuldades para a resolução de problemas. Qualquer discussão sobre riscos deve ser precedida de uma explicação da terminologia, seu sentido preciso e inter-relacionamento.”

De acordo com a assertiva de Hammer apud DE CICCO e FANTAZZINI (1994), é importante que antes de prosseguir o estudo quanto à evolução do prevenicionismo e gerenciamento de riscos em geral, sejam definidos alguns termos básicos.

**Incidente Crítico (ou quase-acidente):** É qualquer evento ou fato negativo com potencialidade para provocar dano. Também chamados quase-acidentes, caracterizam uma situação em que não há danos macroscópicos ou visíveis. Dentro dos incidentes críticos, estabelece-se uma hierarquização na qual basear-se-ão as ações prioritárias de controle. Na escala hierárquica, receberão prioridade aqueles incidentes críticos que, por sua ocorrência, possam afetar a integridade física dos recursos humanos do sistema de produção.

**Risco:**

- Como sinônimo de *Hazard*: Uma ou mais condições de uma variável com potencial necessário para causar danos como: lesões pessoais, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio-ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção. A existência do risco implica na possibilidade de existência de efeitos adversos.

- Como sinônimo de *Risk*: Expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais, podendo ser indicado pela probabilidade de um acidente multiplicada pelo dano em valores monetários, vidas ou unidades operacionais.

Risco pode ainda significar: - incerteza quanto à ocorrência de um determinado evento (acidente); - chance de perda que uma empresa pode sofrer por causa de um acidente ou série de acidentes.

**Perigo:** Como sinônimo de *Danger*, expressa uma exposição relativa a um risco que favorece a sua materialização em danos. Se existe um risco, face às precauções tomadas, o nível de perigo pode ser baixo ou alto, e ainda, para riscos iguais pode-se ter diferentes tipos de perigo.

**Dano:** É a gravidade da perda, seja ela humana, material, ambiental ou financeira, que pode ocorrer caso não se tenha controle sobre um risco. O risco (possibilidade) e o perigo (exposição) podem manter-se inalterados e mesmo assim existir diferença na gravidade do dano.

**Causa:** É a origem de caráter humano ou material relacionada com o evento catastrófico (acidente ou falta) resultante da materialização de um risco, provocando danos.

**Perda:** É o prejuízo sofrido por uma organização sem garantia de ressarcimento através de seguros ou por outros meios.

**Sinistro:** É o prejuízo sofrido por uma organização, com garantia de ressarcimento através de seguros ou por outros meios.

**Segurança:** É a situação em que haja isenção de riscos. Como a eliminação completa de todos os riscos é praticamente impossível, a segurança passa a ser um compromisso acerca de uma relativa proteção da exposição a riscos. É o antônimo de perigo.

**Ato inseguro:** São comportamentos emitidos pelo trabalhador que podem levá-lo a sofrer um acidente. Os atos inseguros são praticados por trabalhadores que desrespeitam regras de segurança, que não as conhecem devidamente, ou ainda, que têm um comportamento contrário à prevenção.

**Condição Insegura:** São deficiências, defeitos ou irregularidades técnicas na empresa que constituem riscos para a integridade física do trabalhador, para sua saúde e para os bens materiais da empresa. As condições inseguras são deficiências como: defeitos de instalações ou de equipamentos, falta de proteção em máquinas, má iluminação, excesso de calor ou frio, umidade, gases, vapores e poeiras nocivos e muitas outras condições insatisfatórias do próprio ambiente de trabalho.

**Acidente:** É uma ocorrência, uma perturbação no sistema de trabalho, que ocasionando danos pessoais ou materiais, impede o alcance do objetivo do trabalho.

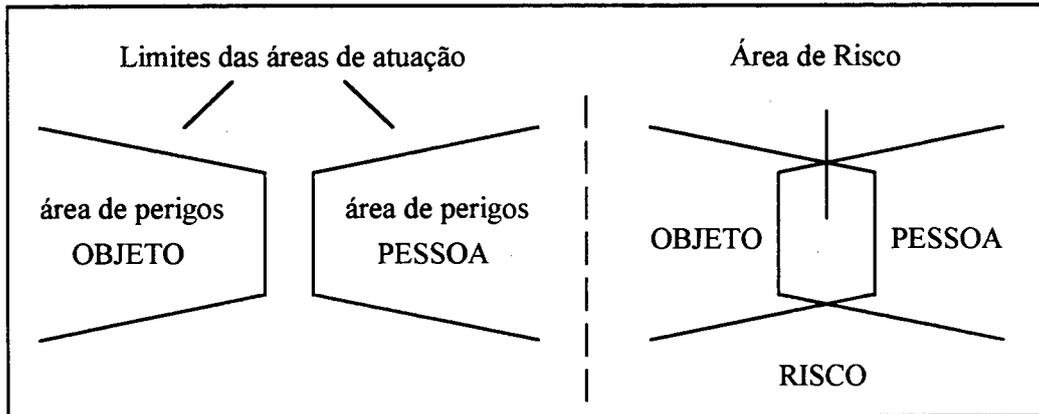
### 3.3.1. A TEORIA DOS PORTADORES DE PERIGOS

Tendo como ponto de partida a sistematização do evento chamado acidente, Skiba desenvolveu a teoria dos portadores de perigos, apresentada em SELL (1991).

Sob um enfoque mais filosófico dos termos fundamentais definidos em 3.3., Skiba considera que o perigo é uma energia danificadora que quando ativada pode provocar danos corporais e/ou materiais. Esta energia danificadora pode estar associada tanto à uma pessoa como a um objeto, considerados aqui os fatores do sistema de trabalho.

A pessoa e o objeto podem ser portadores de perigos em determinadas circunstâncias. Se a energia danificadora associada a eles for repetidamente ativada, ocorre uma colisão entre a pessoa e o objeto. A perturbação no sistema de trabalho ocasionada pela colisão repentina e involuntária entre os fatores do sistema - pessoa e objeto, caracteriza o acidente, que impede o alcance do objetivo de trabalho.

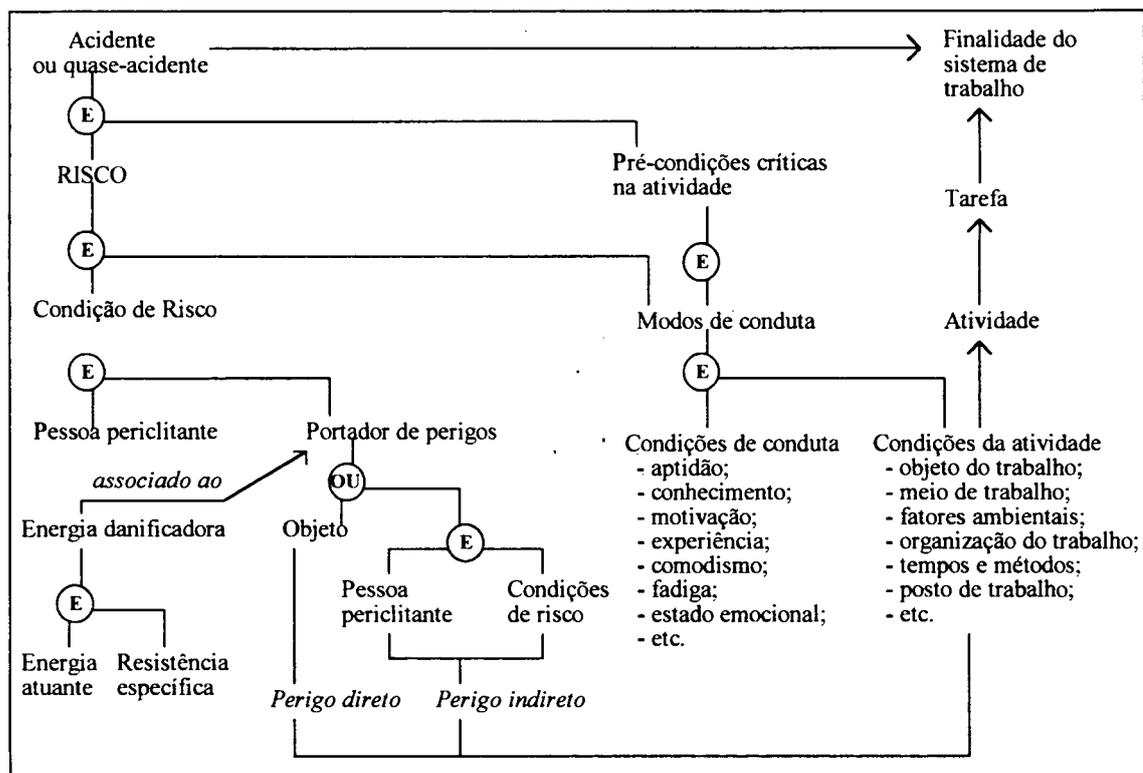
A figura 3.1. mostra, segundo Skiba *apud* SELL (1991), a distinção entre perigo e risco. Ao redor dos portadores de perigo pode-se representar a área perigosa. O risco é gerado pela intersecção dessas duas áreas, de pessoa e objeto. Não havendo intersecção entre as áreas perigosas de pessoa e objeto, não haverá risco para a pessoa.



Fonte: SELL (1995)

Figura 3.1. - Distinção entre perigo e risco segundo Skiba

Kirchner baseando-se na teoria de Skiba, desenvolveu um modelo representando a gênese do acidente de trabalho, apresentado na figura 3.2. e transcrito de SELL (1991).



Fonte: SELL (1995)

Figura 3.2. - Gênese de acidentes do trabalho de Kirchner

O modelo evidencia as relações entre os fatores determinantes da ocorrência de acidentes de trabalho e deduz medidas eficazes para a prevenção destes acidentes. A cada portador de perigo - pessoa, objeto ou ambos, está associada uma energia danificadora, resultante da força entre energia atuante e a resistência específica do corpo da pessoa a essa energia atuante. Quando a diferença é positiva, a energia danificadora causa danos corporais, se for nula ou negativa, ela não tem efeito maléfico sobre a pessoa.

Quando houver possibilidade de interação direta entre objeto portador de perigos e pessoa periclitante, existe uma condição de risco. Nos perigos indiretos, há praticamente sempre uma condição de riscos presente, quando a pessoa periclitante é ela mesma a portadora dos perigos. Por sua conduta a pessoa periclitante ou qualquer outra pessoa não diretamente ligada ao sistema de trabalho pode ou não realizar as condições de risco, assim sendo, a pessoa exerce influência decisiva sobre a geração de riscos e ocorrência de acidentes.

Um acidente ocorre quando houver a realização das condições de risco em conjunto com uma ou mais pré-condições críticas na atividade, o acaso, que favorecem a ocorrência do evento. As pré-condições críticas na atividade são influenciadas pelos modos de conduta das pessoas e pela atividade em si, e delas depende se o evento será um acidente ou quase-acidente.

Então, a atividade que uma pessoa executa num sistema de trabalho, é influenciada pelas condições inerentes a essa atividade, que juntamente com fatores pessoais e familiares determinam os modos de conduta de uma pessoa no sistema de trabalho. É assim que, com a eliminação de perigos associados ou inerentes à atividade, pode-se influenciar positivamente a conduta das pessoas no trabalho.

### **3.4. CONTROLE DE DANOS**

Esta teoria nasceu dos estudos de Frank Bird Jr. e está baseada na análise de cerca de 90.000 acidentes ocorridos, em um período de mais de sete anos, na Luckens Steel, empresa metalúrgica na qual ele próprio trabalhava.

Para BIRD (1978), “os mesmos princípios efetivos de administração podem ser usados para eliminar ou controlar muitos, senão todos, os incidentes comprometedores que afetam a produção e qualidade”. Segundo ele, prevenindo e controlando os incidentes através do controle de perdas, todos: pessoas, equipamentos, material e ambiente, estaremos protegidos com segurança.

É importante observar que nasce aqui um novo conceito: os acidentes com danos à propriedade. Anteriormente aos estudos de Bird, acidentes eram somente aqueles acontecimentos que resultassem em lesão pessoal. A partir dos estudos de Bird, além das lesões pessoais também começaram a ser considerados como acidentes, quaisquer acontecimentos que gerassem danos à propriedade, ou seja, aqueles acontecimentos que provocassem perdas para a empresa, mesmo que substanciais, em termos de materiais e equipamentos.

Para Bird *apud* DE CICCO e FANTAZZINI (1986), um programa de Controle de Danos é aquele que requer identificação, registro e investigação de todos os acidentes com danos à propriedade e determinação de seu custo para a empresa, sendo que todas estas medidas deverão ser seguidas de ações preventivas.

Desta forma, um dos primeiros passos para a implantação de um programa de Controle de Danos é a revisão das regras convencionais de segurança. Portanto, uma regra nos padrões convencionais como: “quando ocorrer com você ou com o equipamento que você opera qualquer acidente que resulte em lesão pessoal, mesmo de pequena importância, você deve comunicar o fato, imediatamente, a seu supervisor”, para se enquadrar dentro da metodologia de Controle de Danos deve ser alterada para: “quando ocorrer com você ou com o equipamento que você opera qualquer acidente que resulte em lesão pessoal ou dano à propriedade, mesmo de pequena importância, você deve comunicar o fato, imediatamente, a seu supervisor”.

Para este exemplo, observa-se que a regra original foi mantida, havendo apenas uma complementação, tornando-a mais abrangente. De qualquer forma, é importante que ao se alterar qualquer regra, total ou parcialmente, esta modificação deve ser claramente conhecida por todas as pessoas envolvidas, desde a alta direção da empresa até todos os trabalhadores dos escalões inferiores. Este é um ponto fundamental para o sucesso de um programa de Controle de Danos, caso contrário, a mudança de enfoque não passará do papel.

Também é importante a consciência de que um processo de mudança requer um período planejado, de educação e comunicação, até que os motivos, objetivos e importância de tal mudança sejam assimilados por todos.

Conforme DE CICCO e FANTAZZINI (1986), o programa de Controle de Danos, para ser introduzido na empresa, requer três passos básicos: a) verificações iniciais; b) informações dos centros de controle e; c) exame analítico.

### **a) Verificações iniciais**

Nesta etapa, procura-se tomar contato com o que já existe na empresa em termos de controle de danos, como funciona, os resultados alcançados, etc.. Mais precisamente, significa estabelecer contato e conhecer o departamento de manutenção.

De acordo com DE CICCIO e FANTAZZINI (1986), deve-se discutir o programa de Controle de Danos com o chefe deste departamento pois, segundo ele, os responsáveis pelo serviço de manutenção cooperam mais espontaneamente quando imbuídos de um sentimento de participação no planejamento do programa.

É após as verificações iniciais que se observa a existência de problemas reais, tanto do ponto de vista humano como econômico, e que, desta forma justificam a execução do programa.

### **b) Informações dos centros de controle**

É nesta etapa que ocorre um controle concreto dos danos pela manutenção, considerada o centro de controle. É aqui que registram-se os danos à propriedade, devendo o sistema desenvolvido para tal, fazê-lo da forma o mais objetiva e simples possível. Sabe-se também que as empresas diferem entre si, portanto, o sistema de registro de informações deve ser aquele que melhor se adapte aos procedimentos já existentes da empresa.

Pode-se citar como exemplo de sistema de registro de informações, o sistema de etiquetas e o sistema de ordens de serviço.

No sistema de etiquetas, como o próprio nome já diz, etiquetas são colocadas em todos os equipamentos ou instalações que necessitem reposição de componentes ou de reparos, provenientes de acidentes.

Já o sistema de ordem de serviço determina que, quando for necessário o reparo de determinado equipamento e este seja devido a acidente, a pessoa que requisitar o serviço deve indicar na folha do pedido que o mesmo é devido a acidente, e desta forma fica registrada a ocorrência do acidente. Todas as folhas de registro dos tempos de execução dos reparos e as de requisições de material relacionadas com este tipo de ordem de serviço deve ser devidamente identificada a ela, para possibilitar ao departamento de contabilidade a tabulação e registro periódico do tempo total de execução dos reparos e dos custos com material empregado relativos àqueles equipamentos ou instalações danificados face à acidentes.

Outros tipos de sistemas de informações podem ser adotados pelos centros de controle, desde que se adaptem à rotina da empresa e atendam aos objetivos a que se propõe.

### **c) Exame analítico**

A implantação de um sistema, seja ele na área de segurança ou em qualquer outra área, necessita de um certo tempo de adaptação e aprendizado para chegar à maturação e a níveis consideráveis de eficiência.

Num primeiro momento de um programa de Controle de Danos, é importante que seja feita uma revisão nos sistemas de registro para certificar-se de que a identificação dos trabalhos provenientes de acidentes esteja sendo realizada de forma correta.

É interessante também, que dentro de cada empresa seja questionado quais os acidentes que devem ser investigados: se todos, ou somente os que acarretem maior custo.

De acordo com Bird apud DE CICCO e FANTAZZINI (1986), nos primeiros estágios do programa de Controle de Danos, os acidentes a serem investigados deveriam ser somente aqueles de maior monta, e à medida que o mesmo fosse se desenvolvendo, progredisse embarcando também os menores.

Sob o ponto de vista econômico, já verificou-se a necessidade de se investigar todo e qualquer acidente com dano à propriedade, seja ele grande ou pequeno, pois conforme estudos já realizados, inclusive na mesma Lukens Steel, demonstraram que os custos resultantes do conjunto de pequenos acidentes tinham uma cifra considerável. Os pequenos acidentes, mesmo com seu custo unitário bem menor, pela grande quantidade em que ocorrem resultam em uma quantia nada desprezível.

Se considerarmos o ponto de vista humano, que deve ser sempre a maior preocupação, ao controlarmos os acidentes com danos à propriedade estaremos poupando o homem, já que grande parte das lesões pessoais tem seu foco nas mesmas causas daqueles acidentes com danos à propriedade. Ainda, considerando a afirmação de BIRD (1978) “todos os acidentes são incidentes, mas nem todos os incidentes são acidentes”, percebe-se claramente que a identificação e prevenção anterior ao fato (acidente) é um grande passo para a diminuição de acidentes (perdas) reais.

### 3.5. CONTROLE TOTAL DE PERDAS

Esta teoria foi proposta em 1970, pelo canadense John A. Fletcher.

Fletcher partiu do pressuposto de que os acidentes que resultam em danos às instalações, aos equipamentos e aos materiais têm as mesmas causas básicas do que os que resultam em lesões, sendo que o objetivo do Controle Total de Perdas é o de reduzir ou eliminar todos os acidentes que possam interferir ou paralisar o sistema.

Enquanto a segurança e medicina do trabalho tradicional se ocupava da prevenção de lesões pessoais, e o Controle de Danos de Bird dizia respeito aos acidentes que resultem em lesão pessoal ou dano à propriedade, o Controle Total de Perdas envolve os dois conceitos anteriores no que se refere aos acidentes com lesões pessoais e danos à propriedade englobando ainda: perdas provocadas por acidentes em relação à explosões, incêndios, roubo, sabotagem, vandalismo, poluição ambiental, doença, defeito do produto, etc.

Então, em termos gerais, pode-se dizer que o Controle Total de Perdas envolve: - prevenção de lesões (acidentes que tem como resultado lesões pessoais); - controle total de acidentes (danos à propriedade, equipamentos e materiais); - prevenção de incêndios (controle de todas as perdas por incêndios); - segurança industrial (proteção dos bens da companhia); - higiene e saúde industrial; - controle da contaminação do ar, água e solo; - responsabilidade pelo produto.

Para FERNÁNDEZ (1972), o conceito de Controle Total de Perdas desenvolveu-se e evoluiu, no pensamento dos profissionais de segurança durante muitos anos, com o fim de inverter a tendência ascendente do índice de lesões. Segundo ele, para implantar-se um programa de Controle Total de Perdas deve-se ir desde a prevenção de lesões ao controle total de acidentes, para então chegar-se ao Controle Total de Perdas. De acordo com o mesmo autor, a implantação de um programa de Controle Total de Perdas requer três passos básicos: determinar o que se está fazendo; avaliar como se está fazendo e; elaborar planos de ação que indiquem o que tem de ser feito.

Desta forma, segundo Fletcher *apud* DE CICCIO e FANTAZZINI (1986), um programa de Controle Total de Perdas deve ser idealizado de modo que venha a eliminar todas as fontes de interrupção de um processo de produção, quer resultando em lesão, dano à propriedade, incêndio, explosão, roubo, vandalismo, sabotagem, poluição da água, do ar e do solo, doença ocupacional ou defeito do produto, e segundo ele os três passos básicos para a implantação de um programa de Controle Total de Perdas são: a)

estabelecer o perfil dos programas de prevenção existentes na empresa; b) determinar prioridades e; c) elaborar planos de ação para controle das perdas reais e potenciais do sistema.

#### a) Perfil dos programas de prevenção existentes

Antes da implantação de qualquer novo método ou programa, um primeiro passo é buscar conhecer o que está sendo feito na empresa neste sentido e de que maneira. É necessário pesquisar quais são as reais necessidades da empresa. Se já existe algum programa em andamento, analisar se o mesmo está sendo realizado de forma correta e eficaz. Isto é possível através do estabelecimento dos perfis dos programas de prevenção existentes.

Para que um perfil possa fornecer de forma adequada estas informações, segundo DE CICCO e FANTAZZINI (1986), o mesmo deve ser dividido em seções que contenham os vários itens ou pontos que possam ser abrangidos pelo programa de prevenção. Para estes itens, formulam-se questões, que quando respondidas irão permitir determinar o grau de execução ou de implantação em que se encontra o programa sob análise. Para isto é necessário adotar uma escala de avaliação, que permite determinar até que grau o item foi implantado e quão efetivo ele é. A escala sugerida por Fletcher é apresentada no quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Escala sugerida por Fletcher para avaliação do programa de segurança.

GRAU	ESCALA	DESCRIÇÃO
5	Excelente	Totalmente implantado e totalmente efetivo
4	Bom	Satisfatoriamente implantado e efetivo
3	Regular	Implantado, mas não satisfatoriamente
2	Fraco	Parcialmente implantado, mas não satisfatoriamente, existem pontos a melhorar
1	Insatisfatório	Algumas tentativas foram feitas, mas sem implantação efetiva
0	Inexistente	Nada foi feito até o momento.

Fonte: DE CICCO e FANTAZZINI (1986)

Estabelecida a escala pode-se, para cada seção analisada, determinar a pontuação obtida, que representa a situação atual da empresa em termos de desempenho nesta seção.

### **b) Determinação das Prioridades**

Consiste em determinar as prioridades que devem ser adotadas pelo programa geral de Controle Total de Perdas.

De posse do perfil do programa estabelecido na fase anterior, pode-se confrontar a situação atual obtida pela pontuação através da escala estabelecida e a situação ideal para cada seção, caso o programa estivesse completo, isto é, a situação em que todos os itens estivessem sendo executados o melhor possível, com pontuação máxima.

O resultado do confronto destas duas situações (situação ideal - situação atual), nos fornece a deficiência do programa que está sendo executado que, uma vez determinadas, nos permite a priorização das seções que necessitam de maiores esforços.

### **c) Elaboração dos planos de ação**

Estabelecidas as seções prioritárias é necessário elaborar para cada uma delas o respectivo plano de ação, que terá o objetivo principal de prevenir e controlar as perdas reais e potenciais oriundas de acidentes.

No plano de ação devem ficar claros: o objetivo geral ao que o mesmo se destina, os objetivos específicos a curto, médio e longo prazo, os recursos humanos e materiais necessários para sua implantação e execução, o custo estimado de implantação do plano, estimativas das perdas atuais e potenciais futuras, a data em que o plano está iniciando e a data prevista para término do mesmo.

## **3.6. ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS**

O prevencionismo, desde as precoces ações de prevenção de danos, evoluiu englobando um número cada vez maior de atividades e fatores, buscando a prevenção de todas as situações geradoras de efeitos indesejados ao trabalho.

Embora as abordagens modernas assemelham-se em seus objetivos de controle e prevenção de danos, elas diferem em aspectos básicos.

Enquanto uma corrente, como é o caso do Controle de Danos e do Controle Total de Perdas, baseados em aspectos administrativos da prevenção e aliados às técnicas tradicionais e outras mais recentes, enfatizam a ação administrativa de controle, a outra corrente procura dar um enfoque mais técnico da infortunística, buscando para problemas técnicos, soluções técnicas.

Esta última corrente é o que foi denominado de Engenharia de Segurança de Sistemas, sendo uma metodologia para o reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ocupacionais, com ferramentas fornecidas pelos diversos ramos da engenharia e oferecendo novas técnicas e ações para preservação dos recursos humanos e materiais dos sistemas de produção.

Ao se analisar mais a fundo as abordagens de Controle de Danos e Controle Total de Perdas de Bird e Fletcher respectivamente, chega-se a conclusão que os mesmos estão baseados unicamente em práticas administrativas, carecendo de estudos e soluções técnicas, como o é exigido pelos problemas inerentes à Prevenção de Perdas na Segurança do Trabalho.

A mentalidade de dar um enfoque técnico à Engenharia de Segurança fundamentou-se em 1972 pelos trabalhos de um especialista em Segurança de Sistemas, o engenheiro Willie Hammer. Seus trabalhos foram embasados nas técnicas utilizadas na força aérea e nos programas espaciais norte-americanos onde atuava.

Foi da reunião destas técnicas, que sem dúvida oferecem valiosos subsídios na preservação dos recursos humanos e materiais dos sistemas de produção, que nasceu a Engenharia de Segurança de Sistemas.

Desta forma, a grande maioria das técnicas hoje empregadas na Engenharia de Segurança, surgiram ligadas ao campo aeroespacial, vindas dos norte-americanos, o que é bastante lógico devido a necessidade imprescindível de segurança total em uma área onde não podem ser admitidos riscos. Estas técnicas, inicialmente desenvolvidas e dirigidas ao campo aeroespacial, automotivo, militar (indústria de mísseis) e de apoio, puderam ser levadas a outras áreas, com adaptações, podendo ter grandes e significativas aplicações em situações da vida em geral.

As técnicas de Segurança de Sistemas começaram a tomar forma ainda na década de 60, sendo criadas e apresentadas paulatinamente ao prevencionismo na década de 70. Desde esta época um leque de diferentes técnicas vem buscando sua infiltração, sendo utilizadas como uma ferramenta eficaz no combate à infortunistica, embora ainda hoje, passadas mais de três décadas, existe pouca literatura à respeito, principalmente quanto a sua aplicação na prevenção do dia-a-dia ou na adaptação destas para aplicação nas empresas, projetos e segurança em geral.

Segundo DE CICCIO e FANTAZZINI (1977), a Engenharia de Segurança de Sistemas foi introduzida na América Latina pelo engenheiro Hernán Henriquez Bastias, sob a denominação de Engenharia de Prevenção de Perdas, e pode ser definida como

“uma ciência que se utiliza de todos os recursos que a engenharia oferece, preocupando-se em detectar toda a probabilidade de incidentes críticos que possam inibir ou degradar um sistema de produção, com o objetivo de identificar esses incidentes críticos, controlar ou minimizar sua ocorrência e seus possíveis efeitos”.

As técnicas de análise de riscos, nesta abordagem de Engenharia de Segurança de Sistemas, podem ser classificadas, quanto a sua função, em três grandes grupos: identificação de perigos, análise de riscos e avaliação de riscos, e serão discutidas detalhadamente nos próximos dois capítulos.

---

## CAPÍTULO IV

---

# O GERENCIAMENTO DE RISCOS E A ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS

*"Gerenciar significa realizar equilibradamente o potencial de resultados, de pessoas e de inovação da organização. Os gerentes exercem um papel que tem uma única responsabilidade: atingir resultados com pessoas e com inovação. A gerência faz a ligação entre a empresa e as pessoas que nela trabalham."*  
Gustavo G. Boog (1991)

<b>4.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. A EMPRESA COMO UM SISTEMA .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS .....</b>	<b>51</b>
4.3.1. A NATUREZA DOS RISCOS EMPRESARIAIS .....	53
4.3.2. O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS .....	55
<b>4.4. FASES DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS .....</b>	<b>57</b>
4.4.1. FASE DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS .....	57
4.4.2. FASE DE ANÁLISE DE RISCOS .....	57
4.4.3. FASE DE AVALIAÇÃO DE RISCOS .....	58
4.4.4. TRATAMENTO DOS RISCOS .....	60

## **4.1. INTRODUÇÃO**

O preventivismo, ao longo dos anos e com os estudos de Willie Hammer evoluiu de forma bastante ampla, englobando progressivamente um número cada vez maior de atividades e fatores. Da simples reparação de danos pessoais passou a se preocupar com a prevenção destes, além de preocupar-se com os danos materiais e com todos aqueles incidentes, que concretizando ou não o fato acidente, pudessem de alguma forma caracterizar perdas pessoais, materiais ou ambientais. Procurava-se assim a eliminação daquelas situações geradoras de anormalidades e efeitos indesejados ao trabalho.

Das antigas técnicas ditas tradicionais, a Engenharia de Segurança passa para abordagens de Controle de Danos e Controle Total de Perdas, incorporando o aspecto administrativo da questão. Porém, grande parte dos problemas de segurança apesar de incorporarem o aspecto administrativo, incluíam outro fator bastante significativo que fugia da alçada das teorias até então desenvolvidas - o fator técnico.

Com a Engenharia de Segurança de Sistemas procura-se contornar esta deficiência, passando o enfoque de segurança a ser mais técnico. Sem deixar de lado a ação administrativa de prevenção e controle, as técnicas de Engenharia de Segurança de Sistemas procuram buscar soluções técnicas para problemas técnicos.

Envolvendo tanto aspectos técnicos como administrativos, a Engenharia de Segurança de Sistemas pode ser considerada como alicerce para o processo de gerenciamento de riscos, no que se refere às metodologias de identificação de perigos, análise e avaliação de riscos.

## **4.2. A EMPRESA COMO UM SISTEMA**

Um sistema pode ser considerado como um conjunto de elementos interrelacionados que atuam e interatuam, ou seja, interagem entre si e com outros sistemas, de modo a cumprir um certo objetivo num determinado ambiente. Pode ser definido, literalmente, como um todo organizado ou complexo, um agrupamento ou combinação de coisas ou partes que formam um todo complexo ou unitário.

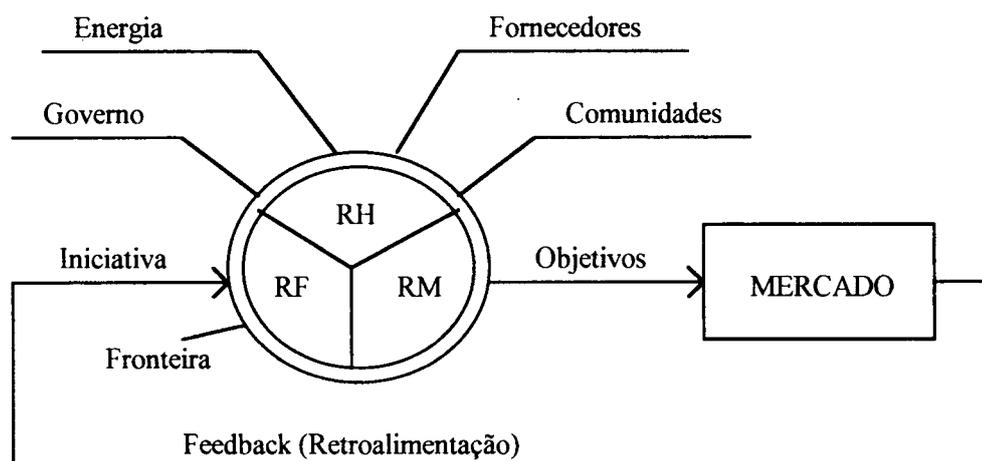
Assim funciona, analogamente, uma empresa e mais genericamente todas as configurações, desde as mais simples às mais complexas, cujo conjunto de variáveis funcionam interagindo mutuamente de forma dinâmica e satisfazendo certas restrições.

Onde quer que o trabalho tenha sido dividido numa organização, a tarefa de integrar efetivamente os vários elementos é predominante. Esta integração, por sua vez, pode ser realizada eficazmente ao se adotar uma abordagem sistêmica para o sistema que é seu domínio.

Sob o ponto de vista sistêmico, qualquer organização é um sistema composto de partes, cada uma com metas próprias. Para alcançar-se as metas globais, deve-se visualizar todo o sistema e procurar compreender e medir as interrelações e integrá-las de modo que capacite a organização a buscar suas metas eficientemente.

Os elementos fundamentais de um sistema são, portanto, as partes que o compõem e as formas de interação entre elas, sendo possível que um sistema esteja constituído por vários subsistemas ou ainda, que faça parte de um sistema mais amplo, participando ele próprio como subsistema de um sistema maior.

De acordo com DE CICCIO e FANTAZZINI (1993) “a abrangência e a generalidade do enfoque sistêmico podem ser estendidas sem limites”, porém, limitando-nos ao sistema que nos interessa, que é o de segurança, podemos representá-lo pela configuração da figura 4.1.



Fonte: DE CICCIO e FANTAZZINI (1995)

Figura 4.1. - Representação sistêmica de uma organização

Observando-se a figura, podemos concluir que o sistema-empresa é uma conjunção de Recursos Humanos (RH), Recursos Financeiros (RF) e Recursos Materiais (RM) que interagem tendo objetivos específicos, amplos e diversificados.

A motivação que levou a criação do sistema dirige-se a um foco alvo, cujos objetivos buscam atender as necessidades do mesmo, no caso o mercado. É este mercado que efetuará o *feedback* ou retroalimentação, dando uma resposta quanto ao funcionamento do sistema.

A fronteira da empresa, enquanto sistema, é uma delimitação calcada nas áreas próprias de influência dos recursos e subsistemas envolvidos, por onde flui a interação e o relacionamento com outros sistemas, dentro do conceito de empresa, não como um sistema fechado, mas sim, como parte de um sistema maior do qual participa e sofre influências.

O conceito de sistema na tomada de decisão necessita do uso de uma análise objetiva de problemas de decisão. A mente humana só pode apreender um certo número de dados, a visão sistêmica, por sua vez, requer a consideração de muitas interrelações complexas entre os elementos do problema e os objetivos de numerosas unidades funcionais. A abordagem sistêmica para planejamento pode ser vista como um método logicamente consistente de reduzir grande parte de um problema complexo a um simples *output*, que pode ser usado pela pessoa que toma decisões, juntamente com outras considerações, para chegar à melhor decisão. Portanto, a meta da análise de sistemas é a solução dos problemas de decisão.

Para conseguir seus objetivos de modo significativo, aquele que toma decisões deve ter a sua disposição ações alternativas que possam promover o estado de coisas que ele deseja alcançar. Essas alternativas disponíveis constituem o centro de qualquer problema de decisão.

A análise de sistemas ajuda à pessoa que toma decisões a compreender melhor a estrutura do problema, possibilitando definir a solução deste, com a escolha da melhor dentre um conjunto de ações alternativas.

Ao abordar-se a análise de sistemas é importante ter-se a consciência que, além da necessidade de conhecer-se a fundo o sistema e o meio atuante, criar alternativas viáveis requer uma variedade de habilidades técnicas. Comumente nenhum único indivíduo possui todas as habilidades requeridas. Assim sendo, o conceito de equipe interdisciplinar é benéfico à análise de sistemas. Uma equipe interdisciplinar é um grupo de trabalho, composto de pessoas com formações e habilidades variadas, cada uma delas trazendo seu próprio ponto de vista e experiências para atuar sobre o problema, conseguindo frequentemente resultados significativamente superiores àqueles que se poderia esperar de um único indivíduo.

Sinteticamente, uma forma de estabelecer as fases do processo decisório a partir da abordagem sistêmica, pode ser esquematizado de acordo com a figura 4.2.

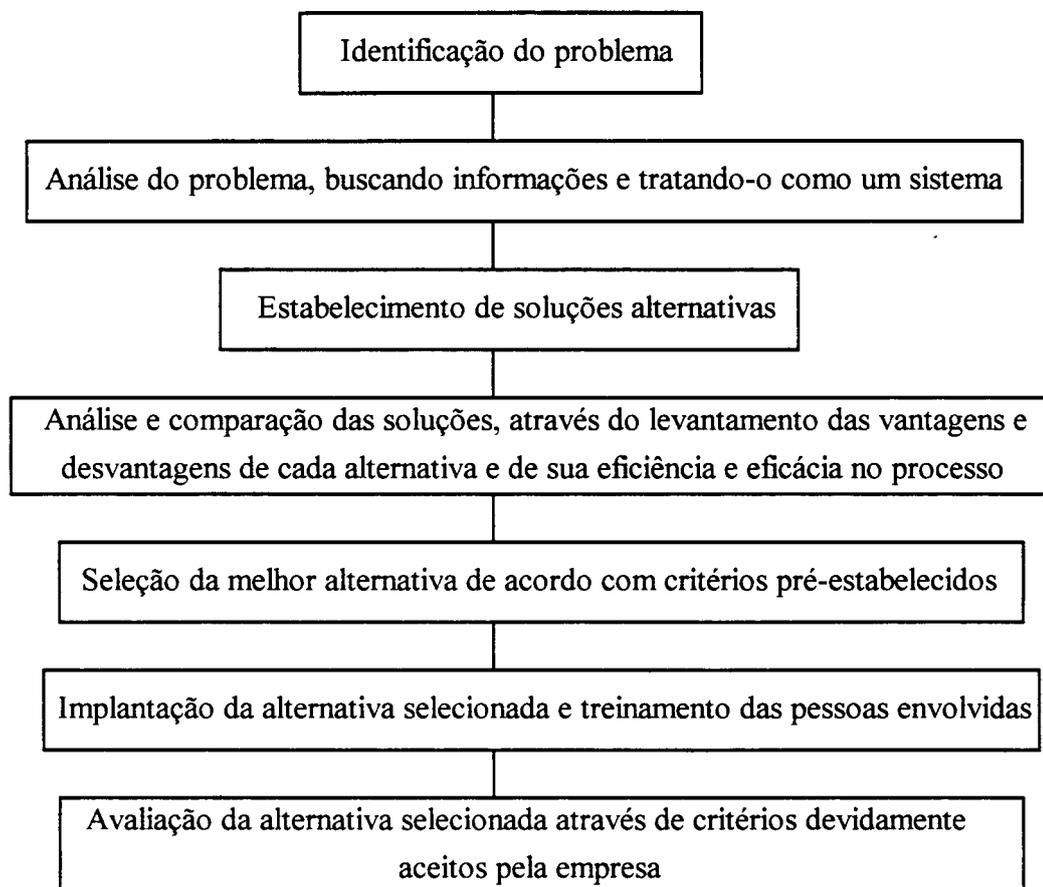


Figura 4.2. - Fases do processo decisório segundo a abordagem sistêmica

De acordo com SELL (1995), “num sistema de trabalho, em seu estado ideal, os fatores técnicos, organizacionais e humanos estão em harmonia. Por ocasião de um acidente ou quase-acidente essa harmonia é perturbada, sendo assim, é de fundamental importância que no planejamento e projeto de sistemas de trabalho, sejam eliminadas ou ao menos restringidas as condições de risco, aumentando-se assim a segurança do trabalhador”.

Enfatizando o fato de que o risco está associado à probabilidade de perdas durante a realização de uma atividade dentro do sistema, e todos os elementos de um sistema apresentam potencial de riscos que podem resultar na destruição do próprio sistema, BASTIAS (1977) define risco como sendo “uma ou mais condições de uma variável que possuem potencial suficiente para degradar um sistema, seja

interrompendo e/ou ocasionando o desvio das metas, em termos de produto, de maneira total ou parcial, e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc”.

Na mesma linha, JACKSON e CARTER (1992) concordam com o fato de que o conceito de risco está associado com a falha de um sistema, sendo a possibilidade de um sistema falhar usualmente entendida em termos de probabilidades.

A importância do estudo de sistemas e dos riscos inerentes a ele é de tal magnitude, que inúmeras técnicas foram e vem sendo desenvolvidas para identificar, analisar e avaliar os focos geradores de anormalidades. A gerência de riscos é hoje, uma ciência que envolve conceitos, técnicas e subsídios que fornecem a empresa um poderoso instrumento de diferencial competitivo.

#### **4.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS**

A gerência de riscos pode ser definida como a ciência, a arte e a função que visa a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, no que se refere à eliminação, redução ou ainda financiamento dos riscos, caso seja economicamente viável.

Este estudo teve seu início nos EUA e alguns países da Europa, logo após a Segunda Guerra Mundial, quando começou-se a estudar a possibilidade de redução de prêmios de seguros e a necessidade de proteção da empresa frente a riscos de acidentes. Na verdade, se falarmos na consciência do risco e convivência com ele, veremos que a gerência de riscos é tão antiga quanto o próprio homem. O homem, desde sempre esteve envolvido com riscos e decisões quanto ao mesmo.

O que ocorreu desta época até o surgimento da gerência de riscos, é que os americanos e europeus aglutinaram o que já se vinha fazendo de forma independente, em um conjunto de teorias lógicas e objetivas, dando-lhe o nome de *Risk Management*.

Conforme afirma FERNANDEZ (1972), “é mais fácil chegar-se de um record ruim a um bom, do que de um bom a um excelente”. Segundo o autor, a mudança mais drástica que deve-se fazer, para chegar ao alcance adequado dos objetivos, é aquela em que deixe-se de ver a segurança como um satélite ou função independente, para transformá-la em uma função cujas fontes comuns de perdas

sejam melhor controladas e prevenidas aplicando os princípios consagrados de administração: planejamento, organização, direção e controle.

GARCIA (1994a), estabelece a sistemática de análise de risco considerando três elementos: riscos (causas geradoras), sujeitos (sobre quem podem incidir os riscos) e os efeitos (dos riscos sobre os sujeitos). O gerenciamento de riscos se efetiva, então, através da interrelação destes elementos com os diversos planos de observação: humano, social, político, legal, econômico, empresarial e técnico.

Sob a visão de MARTÍNEZ (1994) “dirigir estrategicamente os riscos supõe que estes vão ser considerados como parte da competitividade empresarial”. O mesmo autor afirma ainda que é papel do gerente de riscos melhorar a competitividade empresarial através da direção do risco, mantendo a potencialidade e capacidade empresarial de gerar benefícios no futuro.

Por outro lado, para que o gerenciamento de riscos seja realmente eficaz, não é suficiente apenas o gerente de riscos estar engajado no programa. As noções de qualidade e segurança estão estritamente relacionadas. A gerência de riscos deve fazer parte da cultura interna da empresa e ser integrada a todos os níveis. O gerente de riscos e a equipe que os gestiona devem, isto sim, funcionar como catalizadores das atuações da empresa frente aos riscos.

Como afirma SETTEMBRINO (1994), o gerente de riscos não pode ver tudo, fazer tudo e saber tudo. Por este motivo, seu principal objetivo deve consistir em desenvolver uma consciência do risco, de maneira que todos se comportem com sentimento de responsabilidade. O gerente de riscos deve trabalhar com as pessoas encarregadas da segurança e também com os auditores internos, para localizar os riscos derivados de qualquer disfunção organizacional, onde a visão global da empresa e experiência permitem um entendimento mais fácil dos problemas.

Apesar da gerência de riscos não ser ainda uma prática constante nas organizações brasileiras, acredita-se que o gerenciamento de riscos não onera o balanço final das organizações, e as despesas por ele incorridas não podem ser comparadas aos benefícios que a empresa terá, tanto no tocante à otimização de custos de seguros como na maior proteção dos recursos humanos, materiais, financeiros e ambientais. Com o gerenciamento de riscos é possível a otimização dos resultados do próprio desenvolvimento tecnológico, a partir da redução dos riscos apresentados pelas atividades surgidas na moderna sociedade.

#### 4.3.1. A NATUREZA DOS RISCOS EMPRESARIAIS

É importante que antes de qualquer estudo de gerenciamento de riscos, se conheça os tipos de riscos a que uma empresa está sujeita. Quanto à natureza dos riscos empresariais, seguindo-se a descrição feita por DE CICCO e FANTAZZINI (1994a) os riscos podem ser classificados conforme o esquema da figura 4.3.



Figura 4.3. - Natureza dos riscos empresariais

A diferença entre os dois tipos básicos de risco: especulativo (ou dinâmicos) e puros (ou estáticos), é o fato de que o primeiro envolve uma possibilidade de ganho ou uma chance de perda, enquanto que o segundo envolve somente uma chance de perda, sem nenhuma possibilidade de ganho ou de lucro.

É comum considerar-se que a gerência de riscos trabalhe somente com a prevenção e financiamento dos riscos puros, porém, muitas das técnicas podem ser com igual sucesso, aplicadas aos riscos especulativos.

Como pode ser visto na figura 4.3., os riscos especulativos subdividem-se em riscos administrativos, políticos e de inovação.

Os riscos administrativos dizem respeito ao processo de tomada de decisão, onde como contrapartida aos lucros proporcionados por uma decisão correta está o

ônus, que pode ser gerado por uma tomada de decisão errônea. Neste tipo de risco é difícil prever antecipadamente e com precisão o resultado da decisão adotada, entretanto, a incerteza quanto à exatidão do resultado nada mais é do que uma das definições de risco. Ainda no que se refere aos riscos administrativos, podemos diferenciá-los em riscos de mercado, riscos financeiros e riscos de produção. Os primeiros dizem respeito à incerteza quanto ao resultado satisfatório na venda de determinado produto ou serviço em relação ao capital investido. Já os riscos financeiros referem-se às incertezas quanto às decisões econômico-financeiras da organização. E os últimos, dizem respeito às incertezas quanto ao processo produtivo das empresas, quer na fabricação de produtos ou prestação de serviços, na utilização de materiais e equipamentos, mão-de-obra e tecnologia.

O segundo tipo de riscos especulativos, os políticos, referem-se aos aspectos político-governamentais do Município, Estado e País, que podem vir a afetar os interesses e objetivos da organização.

O último tipo de riscos especulativos, os riscos de inovação, dizem respeito à incerteza quanto à aceitação de novos produtos e serviços pelos consumidores. Acredita-se que no gerenciamento eficaz destes riscos encontra-se um fator preponderante de competitividade empresarial. Para ANSELL e WHARTON (1992), os riscos de inovação representam a estratégia de ação da empresa frente ao mercado e, em economias crescentes e competitivas, sob constantes e sofisticados avanços tecnológicos, a adequada administração destes riscos representa a sobrevivência da empresa no mercado. Na necessidade da tomada de decisões quanto a investimentos de capital no desenvolvimento de produtos, serviços e tecnologia, pontos importantes para uma empresa manter-se competitiva no mercado, reside a incerteza e o risco de obtenção de lucro ou prejuízo.

No outro tipo básico de risco, nos riscos puros, a sua materialização só dará lugar à perdas, porém, conforme GARCIA (1994), não tem necessariamente que materializar-se em um acidente ou sinistro, podendo manter de forma indefinida sua característica potencial. Dentro dos riscos puros, os riscos à propriedade consideram as perdas oriundas de incêndios, explosões, vandalismo, roubo, sabotagem, acidentes naturais e danos à equipamentos e bens em geral; os riscos às pessoas, as perdas decorrentes de morte ou invalidez de funcionários, quer por doença ou acidente de trabalho; e os por responsabilidade, tão ou mais importantes que os demais, referem-se às perdas causadas a terceiros pelo pagamento de indenizações, responsabilidade ambiental e pela qualidade e segurança do produto ou serviço prestado, etc.

#### 4.3.2. O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

No processo de gerenciamento de riscos, o estabelecimento das etapas ou fases a serem seguidas, não é unânime entre os autores. Este fato deve-se à forte ligação entre cada passo do processo, sendo que, embora não haja um consenso quanto ao estabelecimento das etapas, todos os autores mantêm a mesma coerência em suas abordagens.

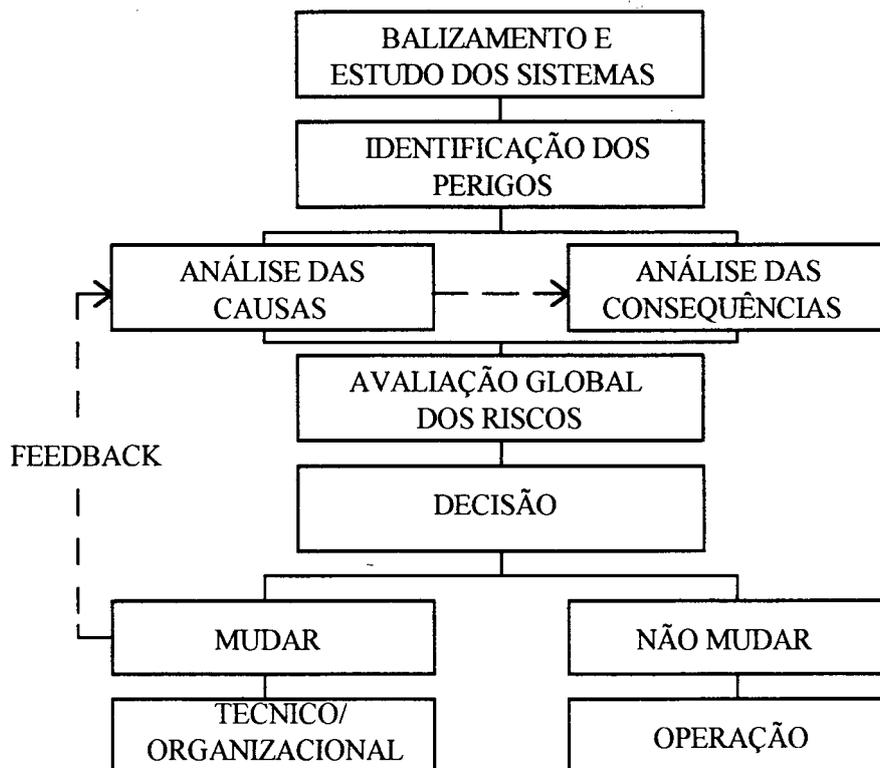
SELL (1995), divide o processo de gerenciamento de riscos em quatro fases: análise e avaliação dos riscos, identificação das alternativas de ação, elaboração da política de riscos e a execução e controle das medidas de segurança adotadas. Na primeira fase procura-se reconhecer e avaliar os potenciais de perturbação dos riscos; com a identificação das alternativas de ação ocorre a decisão quanto a evitar, reduzir, transferir ou assumir os riscos identificados; na fase de elaboração da política de riscos, estabelecem-se os objetivos e programas de prevenção, asseguração e financiamento dos riscos; a última fase trata da execução das etapas anteriores e seu controle.

A figura 4.4. representa resumidamente o enfoque metodológico do processo de gerenciamento de riscos apresentado por ESTEVES (198-?).

De acordo com este autor, com o balizamento, definição do sistema e a etapa de identificação de perigos faz-se o reconhecimento do sistema e dos perigos inerentes. Reconhecido o sistema é possível, em etapas posteriores, analisar e avaliar os riscos presentes, possibilitando a tomada de decisão quanto à mudança ou não dos procedimentos de segurança existentes.

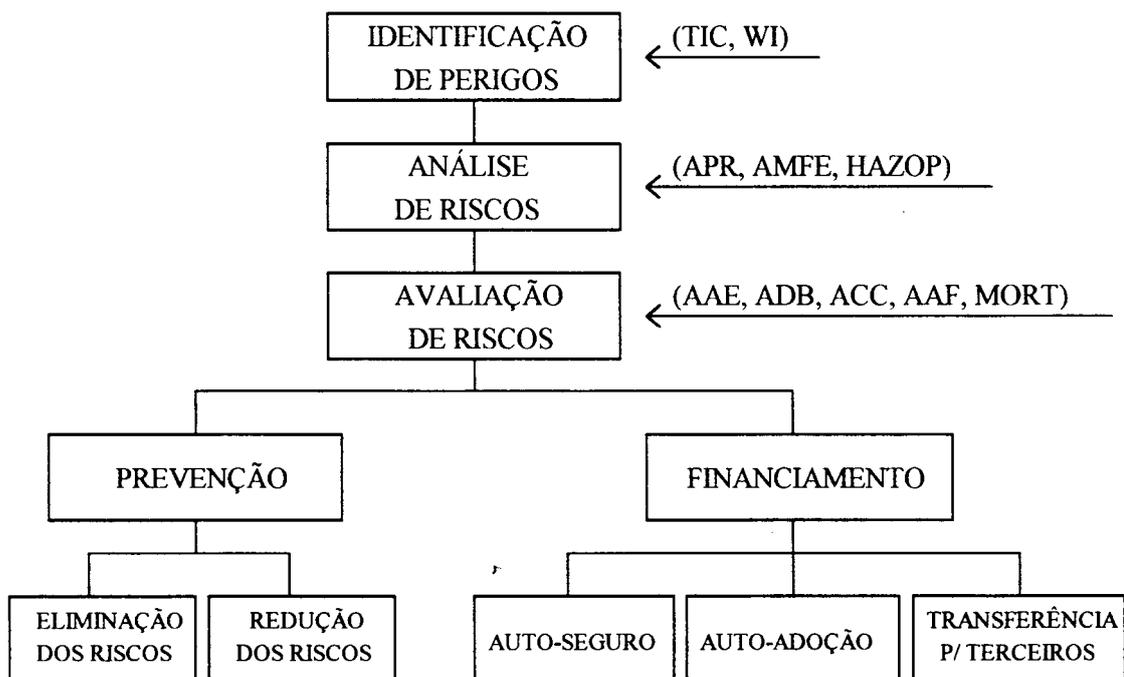
DE CICCIO e FANTAZZINI (1994a) e OLIVEIRA (1991), dividem o gerenciamento de riscos nas etapas: identificação, análise, avaliação e tratamento dos riscos, como caracterizado e desmembrado na figura 4.5.

A descrição do processo de gerenciamento de riscos, bem como das técnicas inerentes a cada etapa, serão abordados e descritos no item 4.4. a seguir, conforme o enfoque representado na figura 4.5.



Fonte: ESTEVES (198-?)

Figura 4.4. - Fases do gerenciamento de riscos (Esteves, 198-?)



Fonte: OLIVEIRA (1991)

Figura 4.5. - Fases típicas do processo de gerenciamento de riscos

## **4.4. FASES DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS**

### **4.4.1. FASE DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS**

De acordo com OLIVEIRA (1991), de um modo geral, todas as técnicas de análise e avaliação de riscos passam antes da fase principal por uma fase de identificação de perigos.

Como fase de identificação de perigos podemos entender as atividades nas quais procuram-se situações, combinações de situações e estados de um sistema que possam levar a um evento indesejável.

Na realidade, na visão da segurança tradicional o que se fazia era apenas a identificação de perigos, esbarrando-se, então, na não continuidade dos programas e não chegando-se, efetivamente, até as fases de análise e avaliação dos riscos.

Deste modo, a grande maioria das diversas técnicas para “identificar perigos” é de domínio da segurança tradicional, como por exemplo:

- experiência vivida;
- reuniões de segurança, reuniões da CIPA;
- listas de verificações;
- inspeções de campo de todos os tipos;
- relato, análise e divulgação de acidentes e quase acidentes (pessoais e não-pessoais);
- exame de fluxogramas de todos os tipos, inclusive o de blocos;
- análise de tarefas;
- experiências de bancada e de campo.

Como contribuição à fase de identificação de perigos dentro de uma visão mais moderna, podemos acrescentar às antigas técnicas tradicionais a Técnica What-If e a Técnica de Incidentes Críticos (TIC), que serão abordadas no próximo capítulo.

### **4.4.2. FASE DE ANÁLISE DE RISCOS**

A fase de análise de riscos consiste no exame e detalhamento dos perigos identificados na fase anterior, com o intuito de descobrir as causas e as possíveis consequências caso os acidentes aconteçam.

A análise de riscos é qualitativa, cujo objetivo final é propor medidas que eliminem o perigo ou, no mínimo, reduzam a frequência e consequências dos possíveis acidentes se os mesmos forem inevitáveis.

Enfatizando a importância desta fase, FARBER (1992), recomenda sua aplicação antes de qualquer avaliação quantitativa, visto que, por serem as técnicas qualitativas, as mesmas apresentam uma relativa facilidade de execução, não necessitando a utilização de recursos adicionais como *softwares* e cálculos matemáticos.

Dentre as técnicas mais utilizadas durante esta fase podemos citar: Análise Preliminar de Riscos (APR), Análise de Modos de Falhas e Efeitos (AMFE) e a Análise de Operabilidade de Perigos (HAZOP).

#### 4.4.3. FASE DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

De acordo com HAMMER (1993), o risco pode ser definido de diversas maneiras, porém, com uma consideração comum a todas elas: a probabilidade de ocorrência de um evento adverso.

Na terceira fase, de avaliação de riscos, o que se procura é quantificar um evento gerador de possíveis acidentes. Assim, o risco identificado é através de duas variáveis: a frequência ou probabilidade do evento e as possíveis consequências expressas em danos pessoais, materiais ou financeiros. Contudo, estas variáveis nem sempre são de fácil quantificação. Esta dificuldade faz com que, em algumas situações, se proceda a uma análise qualitativa do risco.

Desta forma, temos dois tipos de avaliação da frequência e consequência dos eventos indesejáveis: a qualitativa e a quantitativa, alertando-se apenas para o fato que ao proceder a avaliação qualitativa estamos avaliando o perigo e não o risco.

A avaliação qualitativa pode ser realizada através da aplicação das categorias de risco segundo a norma americana MIL-STD-882, que é uma estimativa grosseira do risco presente. A adaptação da norma MIL-STD-882 é a apresentada no quadro 4.1, transcrita de OLIVEIRA (1991).

Quanto ao aspecto quantitativo da avaliação é importante ter-se a noção de confiabilidade de sistemas. De acordo com OLIVEIRA (1991), confiabilidade é a probabilidade de que um sistema desempenhe sua missão com sucesso, por um período de tempo previsto e sob condições especificadas. Conforme afirma J.M.

Juran *apud* OLIVEIRA (1991), “a confiabilidade é uma característica historicamente buscada por projetistas e construtores de todos os tipos de sistema. O que há de novo na segunda metade do século XX é o movimento para quantificar a confiabilidade. É um movimento similar, e provavelmente tão importante quanto o movimento de séculos atrás para quantificar as propriedades dos materiais”.

Quadro 4.1. - Categorias de risco segundo a MIL-STD-882

CATEGORIA	TIPO	CARACTERÍSTICAS
I	DESPREZÍVEL	- Não degrada o sistema, nem seu funcionamento - Não ameaça os recursos humanos
II	MARGINAL OU LIMÍTROFE	- Degradação moderada / danos menores - Não causa lesões - É compensável ou controlável
III	CRÍTICA	- Degradação crítica - Lesões - Danos substanciais - Coloca o sistema em risco e necessita de ações corretivas imediatas para a sua continuidade e recursos humanos envolvidos
IV	CATASTRÓFICA	- Séria degradação do sistema - Perda do sistema - Mortes e lesões

Fonte: DE CICCO e FANTAZZINI (1993)

A característica de confiabilidade é importante para todos os equipamentos e sistemas. Os níveis de confiabilidade requeridos, entretanto, variam de acordo com as consequências da falha de cada sistema. Mesmo num sistema de alta confiabilidade requerida, podem existir sub-sistemas em que a confiabilidade não seja tão crítica, além do que, a confiabilidade adequada não é obrigatoriamente a maior possível, fatores como disponibilidade em segurança *versus* investimento devem ser analisados.

Como as principais técnicas de avaliação de riscos e que também utilizam conceitos de engenharia de confiabilidade, podemos citar: Análise da Árvore de

Eventos (AAE), Análise por Diagrama de Blocos (ADB), Análise de Causas e Consequências (ACC), Análise da Árvore de Falhas (AAF), Management Oversight and Risk Tree (MORT), que serão descritas no capítulo cinco.

#### 4.4.4. TRATAMENTO DOS RISCOS

Após devidamente identificados, analisados e avaliados os riscos, o processo de gerenciamento de riscos é complementado pela etapa de tratamento dos riscos. Esta fase contempla a tomada de decisão quanto à eliminação, redução, retenção ou transferência dos riscos detectados nas etapas anteriores.

A decisão quanto à eliminação ou redução diz respeito às estratégias preventivas da empresa e não se trata do financiamento dos riscos, mas sim, da realimentação e *feedback* das etapas anteriores.

O financiamento trata efetivamente da retenção através do auto-seguro e auto-adoção, que são planos financeiros da própria empresa para enfrentar as perdas acidentais, e da transferência dos riscos a terceiros.

DE CICCO e FANTAZZINI (1994e), consideram que a auto-adoção pode ser intencional e não-intencional. A auto-adoção intencional caracteriza-se pela aceitação de uma parcela das perdas, consideradas suportáveis no contexto econômico-financeiro da empresa, dentro de um limite tido como aceitável. Estas despesas são usualmente previstas no capital de giro da empresa, ficando desvantajoso para a mesma transferir estas perdas (consideradas pequenas), uma vez que o prêmio cobrado pela seguradora provavelmente ultrapassaria o valor estimado destas perdas. A auto-adoção não-intencional não é planejada, resultado da não identificação dos riscos e até devido à ignorância quanto aos riscos existentes. Este último tipo de auto-adoção pode ser perigoso e, segundo os mesmos autores, pode até tornar-se uma situação econômico-financeira catastrófica.

O auto-seguro difere da auto-adoção pelo primeiro exigir um grau definido de planejamento e a constituição de um fundo financeiro de reserva para as perdas. Caso não exista um planejamento financeiro bem definido para a absorção das perdas, a empresa estará adotando a auto-adoção e não o auto-seguro, o que ocorre comumente na prática.

A última modalidade de financiamento de riscos, a transferência a terceiros, pode ser realizada de duas formas: sem seguro ou através do seguro. A transferência sem seguro é aquela realizada através de contratos, acordos e outras

ações, onde ficam bem definidas as responsabilidades, garantias e obrigações de cada uma das partes. A transferência através de seguro é o método mais comum para a transferência dos riscos puros e, em alguns casos, dos especulativos. A administração de seguros, muito em moda atualmente, se inicia efetivamente a partir da transferência dos riscos através do seguro. Podemos definir seguro, de acordo com ARRUDA (1994), como sendo “a operação pela qual o segurado, mediante a paga de um prêmio e observância de cláusulas de um contrato, obriga o segurador a responder perante ele ou perante quem tenha designado, por prejuízos ocorridos no objeto do seguro, consequentes dos riscos previstos no contrato, desde que a ocorrência de tais riscos tenha sido fortuita ou independente de sua vontade”. O custo do seguro para o segurado é o pagamento do prêmio, mediante o qual o segurador assume as possíveis perdas associadas ao risco transferido.

Independente das diferenças entre as formas de tratamento de riscos, as empresas, normalmente, não optam por apenas uma modalidade de financiamento. A empresa pode decidir assumir as perdas de um certo tipo, assumir somente perdas até determinado valor e transferindo ao seguro o excedente e ainda, estabelecer fundos de reserva antes ou depois da ocorrência das perdas.

DE CICCIO e FANTAZZINI (1994e) usando as seguintes possibilidades de risco: I- baixa frequência e alta gravidade; II- baixa frequência e baixa gravidade; III- alta frequência e alta gravidade e; IV- alta frequência e baixa gravidade, consideram que somente os riscos que recaem na primeira categoria devem ser transferidos. Como a decisão quanto à retenção ou transferência dos riscos é um problema frequente para o gerente de riscos, vários modelos tem sido utilizados para subsidiar a tomada de decisão, entre eles o Modelo de Houston, proposta pelo norte-americano David Houston, que considera o custo de oportunidade como parâmetro de decisão, ou seja, considera a perda de oportunidade devido ao ganho financeiro não-obtido pela decisão de participar ou não de um negócio (o seguro). Desta forma, muitas vezes é recomendável a utilização de mais de um método de financiamento, de tal forma que se encontre a melhor relação custo / benefício entre a reserva de capital e o pagamento dos prêmios de seguro.

---

## CAPÍTULO V

---

# TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS, ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE RISCOS

*"The assessment of risk is the critical factor in any safety management situation but techniques are now becoming available which, combined with the growing availability of historical data-bases, will allow risks to be determined with increasing accuracy. Once risk can be calculated then it can be optimised for the good of the community."*  
A.J. Herbert (1976)

<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	63
<b>5.2. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS</b> .....	63
5.2.1. TÉCNICA DE INCIDENTES CRÍTICOS (TIC) .....	63
5.2.2. WHAT-IF (WI) .....	64
<b>5.3. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS</b> .....	66
5.3.1. ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR) .....	66
5.3.2. ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (AMFE) .....	69
5.3.3. ANÁLISE DE OPERABILIDADE DE PERIGOS (HAZOP) .....	72
<b>5.4. TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS</b> .....	75
5.4.1. ANÁLISE DE ÁRVORE DE EVENTOS (AAE) .....	75
5.4.2. ANÁLISE POR DIAGRAMA DE BLOCOS (ADB) .....	77
5.4.3. ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS (ACC) .....	78
5.4.4. ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (AAF) .....	79
5.4.5. MANAGEMENT OVERSIGHT AND RISK TREE (MORT) .....	86

## **5.1. INTRODUÇÃO**

Conforme foi descrito, o conforto e desenvolvimento trazidos pela industrialização produziram também um aumento considerável no número de acidentes, ou ainda das anormalidades durante um processo devido a obsolescência de equipamentos, máquinas cada vez mais sofisticadas, etc.

Com a preocupação e a necessidade de dar maior atenção ao ser humano, principal bem de uma organização, além de buscar uma maior eficiência, nasceram primeiramente o Controle de Danos, o Controle Total de Perdas e por último a Engenharia de Segurança de Sistemas.

Esta última, surgida com o crescimento e necessidade de segurança total em áreas como aeronáutica, aeroespacial e nuclear, trouxe valiosos instrumentos para a solução de problemas ligados à segurança. Com a difusão dos conceitos de perigo, risco e confiabilidade, as metodologias e técnicas aplicadas pela segurança de sistemas, inicialmente utilizadas somente nas áreas militar e espacial, tiveram a partir da década de 70 uma aplicação quase que universal na solução de problemas de engenharia em geral.

As principais técnicas difundidas pela Engenharia de Segurança de Sistemas classificadas segundo a finalidade a que se propõem, são descritas neste capítulo.

## **5.2. TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS**

### **5.2.1. TÉCNICA DE INCIDENTES CRÍTICOS (TIC)**

A Técnica de Incidentes Críticos, também conhecida em português como “Confessionário” e em inglês como “Incident Recall”, é uma análise operacional, qualitativa, de aplicação na fase operacional de sistemas, cujos procedimentos envolvem o fator humano em qualquer grau. É um método para identificar erros e condições inseguras que contribuem para a ocorrência de acidentes com lesões reais e potenciais, onde se utiliza uma amostra aleatória estratificada de observadores-participantes, selecionados dentro de uma população.

A TIC possui grande potencial, principalmente naquelas situações em que deseja-se identificar perigos sem a utilização de técnicas mais sofisticadas e ainda,

quando o tempo é restrito. A técnica têm como objetivo a detecção de incidentes críticos e o tratamento dos riscos que os mesmos representam.

Os observadores-participantes são selecionados dentre os principais departamentos da empresa, procurando representar as diversas operações da mesma dentro das diferentes categorias de risco. Um entrevistador os interroga e os incita a recordar e descrever os incidentes críticos, ou seja, os atos inseguros que tenham cometido ou observado, e ainda condições inseguras que tenham lhes chamado a atenção. Os observadores-participantes devem ser estimulados a descrever tantos incidentes críticos quantos possam recordar, sendo necessário para tal colocar a pessoa à vontade procurando, entretanto, controlar as divagações. A existência de um setor de apoio psicológico seria de grande utilidade durante a aplicação da técnica.

Os incidentes pertinentes, descritos pelos entrevistados, devem ser transcritos e classificados em categorias de risco, definindo a partir daí as áreas-problema, bem como a priorização das ações para a posterior distribuição dos recursos disponíveis, tanto para a correção das situações existentes como para prevenção de problemas futuros.

A técnica deve ser aplicada periodicamente, reciclando os observadores-participantes a fim de detectar novas áreas-problema, e ainda para aferir a eficiência das medidas já implementadas.

Estudos realizados por William E. Tarrants *apud* DE CICCO e FANTAZZINI (1994c) revelam que a TIC detecta fatores causais, em termos de erros e condições inseguras, que conduzem tanto a acidentes com lesão como a acidentes sem lesão e ainda, identifica as origens de acidentes potencialmente com lesão.

Assim sendo, a técnica descrita, por analisar os incidentes críticos, permite a identificação e exame dos possíveis problemas de acidentes antes do fato, ao invés de depois dele, tanto em termos das consequências com danos à propriedade como na produção de lesões.

### 5.2.2: WHAT-IF (WI)

O procedimento What-If é uma técnica de análise geral, qualitativa, cuja aplicação é bastante simples e útil para uma abordagem em primeira instância na

detecção exaustiva de riscos, tanto na fase de processo, projeto ou pré-operacional, não sendo sua utilização unicamente limitada às empresas de processo.

A finalidade do What-If é testar possíveis omissões em projetos, procedimentos e normas e ainda aferir comportamento, capacitação pessoal e etc. nos ambientes de trabalho, com o objetivo de proceder a identificação e tratamento de riscos.

A técnica se desenvolve através de reuniões de questionamento entre duas equipes. Os questionamentos englobam procedimentos, instalações, processo da situação analisada. A equipe questionadora é a conhecedora e familiarizada com o sistema a ser analisado, devendo a mesma formular uma série de quesitos com antecedência, com a simples finalidade de guia para a discussão. Para a aplicação o What-If utiliza-se de uma sistemática técnico-administrativa que inclui princípios de dinâmica de grupo, devendo ser utilizado periodicamente. A utilização periódica do procedimento é o que garante o bom resultado do mesmo no que se refere à revisão de riscos do processo.

Da aplicação do What-If resultam uma revisão de um largo espectro de riscos, bem como a geração de possíveis soluções para os problemas levantados, além disso, estabelece um consenso entre as áreas de atuação como produção, processo e segurança quanto à forma mais segura de operacionalizar a planta. O relatório do procedimento fornece também um material de fácil entendimento que serve como fonte de treinamento e base para revisões futuras.

Segundo DE CICCO e FANTAZZINI (1994b), nas culturas empresarias mais eficientes no controle de riscos, os procedimentos dos departamentos técnicos e as equipes de análise produzem revisões rápida e eficientemente. Os mesmos autores sugerem, ainda, alguns passos básicos quando da sua aplicação:

- a) Formação do comitê de revisão:** montagens das equipes e seus integrantes;
- b) Planejamento prévio:** planejamento das atividades e pontos a serem abordados na aplicação da técnica;
- c) Reunião Organizacional:** com a finalidade de discutir procedimentos, programação de novas reuniões, definição de metas para as tarefas e informação aos integrantes sobre o funcionamento do sistema sob análise;

**d) Reunião de revisão de processo:** para os integrantes ainda não familiarizados com o sistema em estudo;

**e) Reunião de formulação de questões:** formulação de questões “O QUE - SE...”, começando do início do processo e continuando ao longo do mesmo, passo a passo, até o produto acabado colocado na planta do cliente;

**f) Reunião de respostas às questões (formulação consensual):** em sequência à reunião de formulação das questões, cabe a responsabilidade individual para o desenvolvimento de respostas escritas às questões. As respostas serão analisadas durante a reunião de resposta às questões, sendo cada resposta categorizada como: - resposta aceita pelo grupo tal como submetida; - resposta aceita após discussão e/ou modificação; - aceitação postergada, em dependência de investigação adicional. O consenso grupal é o ponto chave desta etapa, onde a análise de riscos tende a se fortalecer;

**g) Relatório de revisão dos riscos do processo:** o objetivo é documentar os riscos identificados na revisão, bem como registrar as ações recomendadas para eliminação ou controle dos mesmos.

### 5.3. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS

#### 5.3.1. ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR) - Preliminary Hazard Analysis (PHA)

Também chamada de Análise Preliminar de Perigos (APP).

De acordo com DE CICCO e FANTAZZINI (1994b), a Análise Preliminar de Riscos (APR) consiste no estudo, durante a fase de concepção ou desenvolvimento prematuro de um novo sistema, com o fim de se determinar os riscos que poderão estar presentes na sua fase operacional.

A APR é, portanto, uma análise inicial “qualitativa”, desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema, possuindo especial importância na investigação de sistemas novos de alta inovação e/ou pouco conhecidos, ou seja, quando a experiência em riscos na sua operação é carente ou deficiente. Apesar das características básicas de análise inicial, é muito útil como

ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, revelando aspectos que às vezes passam despercebidos.

A APR teve seu desenvolvimento na área militar, sendo aplicada primeiramente como revisão nos novos sistemas de mísseis. A necessidade, neste caso, era o fato de que tais sistemas possuíam características de alto risco, já que os mísseis haviam sido desenvolvidos para operarem com combustíveis líquidos perigosos. Assim, a APR foi aplicada com o intuito de verificar a possibilidade de não utilização de materiais e procedimentos de alto risco ou, no caso de tais materiais e procedimentos serem inevitáveis, no mínimo estudar e implantar medidas preventivas.

Para ter-se uma idéia da necessidade de segurança, na época, de setenta e dois silos de lançamento do míssil intercontinental Atlas, quatro deles foram destruídos quase que sucessivamente. Sem contar as perdas com o fator humano, as perdas financeiras estimadas eram de US\$ 12 milhões para cada uma destas unidades perdidas.

A APR não é uma técnica aprofundada de análise de riscos e geralmente precede outras técnicas mais detalhadas de análise, já que seu objetivo é determinar os riscos e as medidas preventivas antes da fase operacional. No estágio em que é desenvolvida podem existir ainda poucos detalhes finais de projeto e, neste caso, a falta de informações quanto aos procedimentos é ainda maior, já que os mesmos são geralmente definidos mais tarde.

Os princípios e metodologias da APR podem ser observados no quadro 5.1. e consistem em proceder-se uma revisão geral dos aspectos de segurança de forma padronizada, descrevendo todos os riscos e fazendo sua categorização de acordo com a MIL-STD-882 descrita no quadro 4.1. A partir da descrição dos riscos são identificadas as causas (agentes) e efeitos (consequências) dos mesmos, o que permitirá a busca e elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas.

A priorização das ações é determinada pela categorização dos riscos, ou seja, quanto mais prejudicial ou maior for o risco, mais rapidamente deve ser solucionado.

Desta forma, a APR tem sua importância maior no que se refere à determinação de uma série de medidas de controle e prevenção de riscos desde o início operacional do sistema, o que permite revisões de projeto em tempo hábil, no

sentido de dar maior segurança, além de definir responsabilidades no que se refere ao controle de riscos.

Quadro 5.1. - Modelo de ficha para Análise Preliminar de Riscos

IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA:				
IDENTIFICAÇÃO DO SUBSISTEMA:				
RISCO	CAUSAS	EFEITOS	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS

Segundo DE CICCO e FANTAZZINI (1994b), o desenvolvimento de uma APR passa por algumas etapas básicas, a saber:

- a) **Revisão de problemas conhecidos:** Consiste na busca de analogia ou similaridade com outros sistemas, para determinação de riscos que poderão estar presentes no sistema que está sendo desenvolvido, tomando como base a experiência passada.
- b) **Revisão da missão a que se destina:** Atentar para os objetivos, exigências de desempenho, principais funções e procedimentos, ambientes onde se darão as operações, etc.. Enfim, consiste em estabelecer os limites de atuação e delimitar o sistema que a missão irá abranger: a que se destina, o que e quem envolve e como será desenvolvida.
- c) **Determinação dos riscos principais:** Identificar os riscos potenciais com potencialidade para causar lesões diretas e imediatas, perda de função (valor), danos à equipamentos e perda de materiais.

**d) Determinação dos riscos iniciais e contribuintes:** Elaborar séries de riscos, determinando para cada risco principal detectado, os riscos iniciais e contribuintes associados.

**e) Revisão dos meios de eliminação ou controle de riscos:**

Elaborar um *brainstorming* dos meios passíveis de eliminação e controle de riscos, a fim de estabelecer as melhores opções, desde que compatíveis com as exigências do sistema.

**f) Analisar os métodos de restrição de danos:** Pesquisar os métodos possíveis que sejam mais eficientes para restrição geral, ou seja, para a limitação dos danos gerados caso ocorra perda de controle sobre os riscos.

**g) Indicação de quem levará a cabo as ações corretivas e/ou preventivas:**

Indicar claramente os responsáveis pela execução de ações preventivas e/ou corretivas, designando também, para cada unidade, as atividades a desenvolver.

A APR tem grande utilidade no seu campo de atuação, porém, como já foi enfatizado, necessita ser complementada por técnicas mais detalhadas e apuradas. Em sistemas que sejam já bastante conhecidos, cuja experiência acumulada conduz a um grande número de informações sobre riscos, esta técnica pode ser colocada em *by-pass* e, neste caso, partir-se diretamente para aplicação de outras técnicas mais específicas.

### 5.3.2. ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (AMFE) - Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

A Análise de Modos de Falha e Efeitos é uma análise detalhada, podendo ser qualitativa ou quantitativa, que permite analisar as maneiras pelas quais um equipamento ou sistema pode falhar e os efeitos que poderão advir, estimando ainda as taxas de falha e propiciado o estabelecimento de mudanças e alternativas que possibilitem uma diminuição das probabilidades de falha, aumentando a confiabilidade do sistema.

De acordo com HAMMER (1993), a confiabilidade é definida como a probabilidade de uma missão ser concluída com sucesso dentro de um tempo específico e sob condições específicas. A AMFE foi desenvolvida por engenheiros de confiabilidade para permitir aos mesmos, determinar a confiabilidade de produtos complexos. Para isto é necessário o estabelecimento de como e quão

frequentemente os componentes do produto podem falhar, sendo então a análise estendida para avaliar os efeitos de tais falhas.

Apesar de sua utilização ser geral, a AMFE é mais aplicável às indústrias de processo, principalmente quando o sistema em estudo possui instrumentos de controle, levantando necessidades adicionais e defeitos de projeto, definindo configurações seguras para os mesmos quando ocorrem falhas de componentes críticos ou suprimentos. A técnica auxilia ainda na determinação e encadeamento dos procedimentos para contingências operacionais, quando o sistema é colocado em risco e a probabilidade de erro devido à ações não estruturadas é alta, dependendo da ação correta dos operadores.

A AMFE é realizada primeiramente de forma qualitativa, quer na revisão sistemática dos modos de falha do componente, na determinação de seus efeitos em outros componentes e ainda na determinação dos componentes cujas falhas têm efeito crítico na operação do sistema, sempre procurando garantir danos mínimos ao sistema como um todo. Posteriormente, pode-se proceder à análise quantitativa para estabelecer a confiabilidade ou probabilidade de falha do sistema ou subsistema, através do cálculo de probabilidades de falhas de montagens, subsistemas e sistemas, a partir das probabilidades individuais de falha de seus componentes, bem como na determinação de como poderiam ser reduzidas estas probabilidades, inclusive pelo uso de componentes com confiabilidade alta ou pela verificação de redundâncias de projeto.

Para proceder ao desenvolvimento da AMFE ou de qualquer outra técnica, é primordial que se conheça e compreenda o sistema em que se está atuando e qual a função e objetivos do mesmo, as restrições sob as quais irá operar, além dos limites que podem representar sucesso ou falha. O bom conhecimento do sistema em que se atua é o primeiro passo para o sucesso na aplicação de qualquer técnica, seja ela de identificação de perigos, análise ou avaliação de riscos.

Conhecido o sistema e suas especificidades, pode-se dar seguimento a análise, cabendo à empresa idealizar o modelo que melhor se adapte a ela. O quadro 5.2. mostra esquematicamente um modelo para aplicação da AMFE.

Quadro 5.2. - Modelo de aplicação de uma AMFE

Item	Modo de Falha	Causa de Falha	Efeitos: -nos componentes -no sistema	Categoria de Risco	Probabilidade de Ocorrência	Métodos de Detecção	Ações Possíveis

De acordo com DE CICCIO e FANTAZZINI (1994c), um procedimento proposto para o preenchimento das várias colunas é o seguinte:

- a) Dividir o sistema em subsistemas que podem ser efetivamente controlados;
- b) Traçar diagramas de blocos funcionais do sistema e subsistemas, para determinar os interrelacionamentos existentes;
- c) Preparar um *checklist* dos componentes de cada subsistema e sua função específica;
- d) Determinar através da análise de projetos e diagramas, os modos possíveis de falha que possam afetar outros componentes. Os modos básicos de falha devem ser agrupados em quatro categorias: I- falha em operar no instante prescrito; II- falha em cessar de operar no instante prescrito; III- operação prematura; IV- falha em operação;
- e) Indicar os efeitos de cada falha sobre outros componentes e como esta afeta a operação do mesmo;
- f) Estimar a gravidade de cada falha específica de acordo com as categorias de risco, conforme o quadro 4.1., para possibilitar a priorização de alternativas;
- g) Indicar os métodos usados para detecção de cada falha específica;

- h) Formular possíveis ações de compensação e reparos que podem ser adotadas para eliminar ou controlar cada falha específica e seus efeitos;
- i) Determinar as probabilidades de ocorrência de cada falha específica para possibilitar a análise quantitativa.

Como descrito, a AMFE analisa de forma geral os modos de falha de um produto. Porém, em um produto podem existir certos componentes ou conjunto deles que sejam especificamente críticos para a missão a que se destina o produto ou para a segurança do operador. Portanto, de acordo com HAMMER (1993), a estes componentes críticos deve ser dada especial atenção, sendo mais completamente analisados do que outros. A análise, similar a AMFE, que se preocupa com a análise detalhada destes componentes críticos é conhecida como Análise de Criticalidade e Modos de Falha (FMECA - Failure Modes an Criticality Analysis).

Tanto a AMFE como a FMECA são bastante eficientes quando aplicadas a sistemas mais simples e de falhas mais singelas, porém, quando a complexidade é maior, recomenda-se o uso de outras técnicas, como por exemplo a Análise de Árvore de Falhas.

### 5.3.3. ANÁLISE DE OPERABILIDADE DE PERIGOS - HAZard and OPerability Studies (HAZOP)

O estudo de identificação de perigos e operabilidade conhecido como HAZOP é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas. Porém, atualmente, a metodologia é aplicada também para equipamentos do processo e até para sistemas.

O método HAZOP é principalmente indicado quando da implantação de novos processos na fase de projeto ou na modificações de processos já existentes. O ideal na realização do HAZOP é que o estudo seja desenvolvido antes mesmo da fase de detalhamento e construção do projeto, evitando com isso que modificações tenham que ser feitas, quer no detalhamento ou ainda nas instalações, quando o resultado do HAZOP for conhecido. Vale ressaltar que o HAZOP é conveniente para projetos e modificações tanto grandes quanto pequenas. Às vezes, muitos acidentes ocorrem porque subestima-se os efeitos secundários de pequenos detalhes ou modificações, que à primeira vista parecem insignificantes e é impossível, antes

de se fazer uma análise completa, saber se existem efeitos secundários graves e difíceis de prever. Além disso, o caráter de trabalho em equipe que o HAZOP apresenta, onde pessoas de funções diferentes dentro da organização trabalham em conjunto, faz com que a criatividade individual seja estimulada, os esquecimentos evitados e a compreensão dos problemas das diferentes áreas e interfaces do sistema seja atingida. Uma pessoa, mesmo competente, trabalhando sozinha, frequentemente está sujeita a erros por desconhecer os aspectos alheios a sua área de trabalho. Assim, o desenvolvimento do HAZOP alia a experiência e competência individuais às vantagens indiscutíveis do trabalho em equipe.

Em termos gerais, pode-se dizer que o HAZOP é bastante semelhante a AMFE, contudo, a análise realizada pelo primeiro método é feita através de palavras-chaves que guiam o raciocínio dos grupos de estudo multidisciplinares, fixando a atenção nos perigos mais significativos para o sistema. As palavras-chaves ou palavras-guias são aplicadas às variáveis identificadas no processo (pressão, temperatura, fluxo, composição, nível, etc.) gerando os desvios, que nada mais são do que os perigos a serem examinados.

A técnica HAZOP permite que as pessoas liberem sua imaginação, pensando em todos os modos pelos quais um evento indesejado ou problema operacional possa ocorrer. Para evitar que algum detalhe seja omitido, a reflexão deve ser executada de maneira sistemática, analisando cada circuito, linha por linha, para cada tipo de desvio passível de ocorrer nos parâmetros de funcionamento. Para cada linha analisada são aplicadas a série de palavras-guias, identificando os desvios que podem ocorrer caso a condição proposta pela palavra-guia ocorra.

O quadro 5.3. apresenta uma série de palavras-guias utilizadas e os possíveis desvios gerados.

Identificadas as palavras-guias e os desvios respectivos, pode-se partir para a elaboração das alternativas cabíveis para que o problema não ocorra ou seja mínimo. Convém, no entanto, analisar as alternativas quanto a seu custo e operacionalidade. O quadro 5.4. mostra um modelo de relatório para o estudo HAZOP.

Quadro 5.3. - Palavras-guias do estudo HAZOP e respectivos desvios

PALAVRA-GUIA	DESVIO
NENHUM	Ausência de fluxo ou fluxo reverso
MAIS	Mais, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: mais vazão, maior temperatura, mais pressão, etc.)
MENOS	Menos, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: menos vazão, temperatura menor, menos pressão)
MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO	Alguns componentes em maior ou menor proporção, ou ainda, um componente faltando.
COMPONENTES A MAIS	Componentes a mais em relação aos que deveriam existir. (Ex.: fase extra presente, impurezas, etc.)
OUTRA CONDIÇÃO OPERACIONAL	Partida, parada, funcionamento em carga reduzida, modo alternativo de operação, manutenção, mudança de catalizador, etc.

Fonte: KLETZ (1984?)

Quadro 5.4. - Modelo de relatório para um estudo HAZOP

PALAVRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS POSSÍVEIS	CONSEQUÊNCIAS	AÇÕES REQUERIDAS

Fonte: KLETZ (1984?)

De acordo com KLETZ (1984?), no HAZOP “a operabilidade é tão importante quanto a identificação de perigos”. Geralmente neste tipo de estudo são detectados mais problemas operacionais do que identificados perigos. Este não é um ponto negativo, muito pelo contrário, aumenta sua importância, pois a diminuição dos riscos está muito ligada a eliminação de problemas operacionais. A eliminação dos problemas operacionais recai numa conseqüente diminuição do erro humano, decrescendo assim o nível de risco, porém, é impossível eliminar qualquer perigo que seja, sem antes ter conhecimento do mesmo, o que pode ser detectado pelo HAZOP.

## 5.4. TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

### 5.4.1. ANÁLISE DE ÁRVORE DE EVENTOS (AAE) - Event Tree Analysis (ETA)

A Análise da Árvore de Eventos (AAE) é um método lógico-indutivo para identificar as várias e possíveis consequências resultantes de um certo evento inicial.

Conforme ESTEVES (198-?), a técnica busca determinar as frequências das consequências decorrentes dos eventos indesejáveis, utilizando encadeamentos lógicos a cada etapa de atuação do sistema.

Nas aplicações de análise de risco, o evento inicial da árvore de eventos é, em geral, a falha de um componente ou subsistema, sendo os eventos subsequentes determinados pelas características do sistema.

Para o traçado da árvore de eventos as seguintes etapas devem ser seguidas:

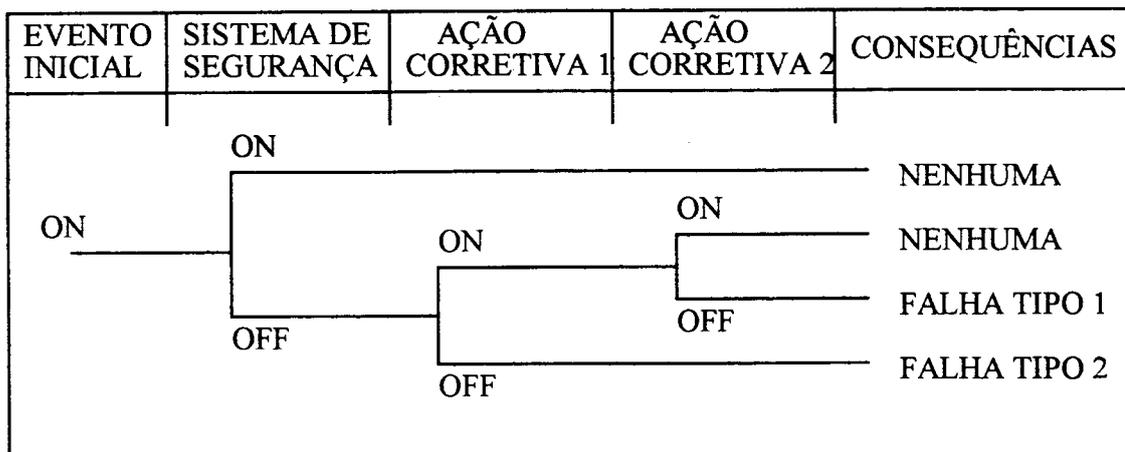
- a) Definir o evento inicial que pode conduzir ao acidente;
- b) Definir os sistemas de segurança (ações) que podem amortecer o efeito do evento inicial;
- c) Combinar em uma árvore lógica de decisões as várias sequências de acontecimentos que podem surgir a partir do evento inicial;
- d) Uma vez construída a árvore de eventos, calcular as probabilidades associadas a cada ramo do sistema que conduz a alguma falha (acidente).

A árvore de eventos deve ser lida da esquerda para a direita. Na esquerda começa-se com o evento inicial e segue-se com os demais eventos sequenciais. A linha superior é NÃO e significa que o evento não ocorre, a linha inferior é SIM e significa que o evento realmente ocorre.

O exemplo genérico do quadro 5.5. representa esquematicamente o funcionamento da técnica de AAE

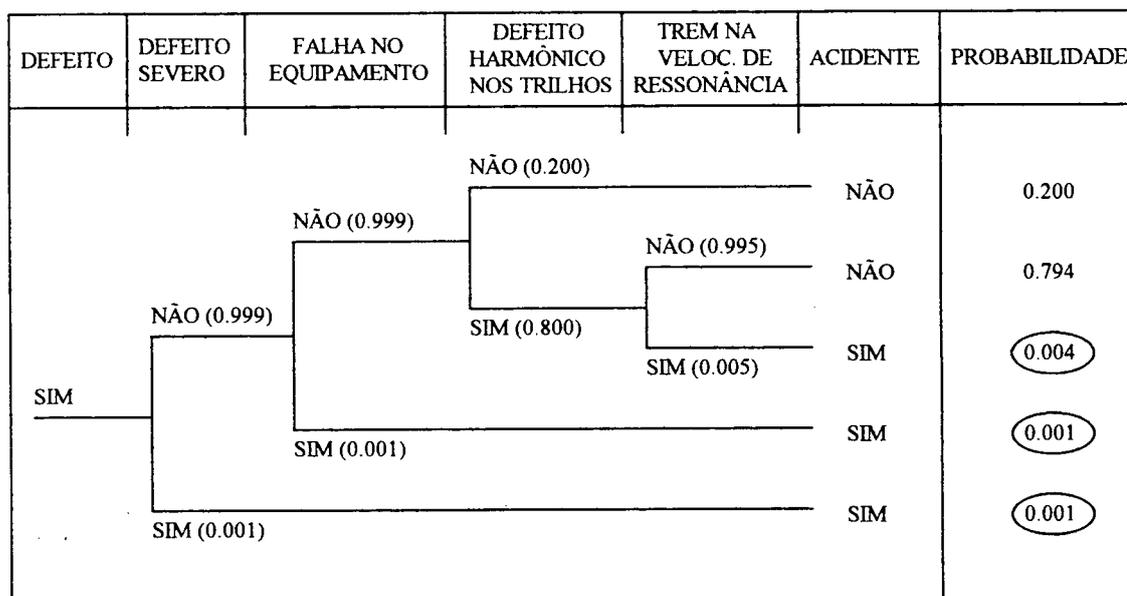
Um exemplo fictício para proceder a análise quantitativa pode ser tomado como o esquema do quadro 5.6., que investiga a probabilidade de descarrilhamento de vagões ou locomotivas, dado que existe um defeito nos trilhos.

Quadro 5.5. - Esquema de funcionamento da AAE



Como pode-se observar no quadro 5.6., o descarrilhamento pode ser causado por qualquer uma das três falhas assinaladas e, portanto, a probabilidade de que um defeito nos trilhos produza descarrilhamento é a soma simples das três possibilidades, ou seja, 0,6%.

Quadro 5.6. - Exemplo fictício da aplicação da AAE



#### 5.4.2. ANÁLISE POR DIAGRAMA DE BLOCOS (ADB)

A análise por diagrama de blocos se utiliza de um fluxograma em blocos do sistema, calculando as probabilidades de sucesso ou fálha do mesmo, pela análise das probabilidades de sucesso ou falha de cada bloco. A técnica é útil para identificar o comportamento lógico de um sistema constituído por poucos componentes.

Dependendo do sistema a análise pode ser feita em série ou em paralelo.

##### a) Exemplo de uma ADB para um sistema em série:

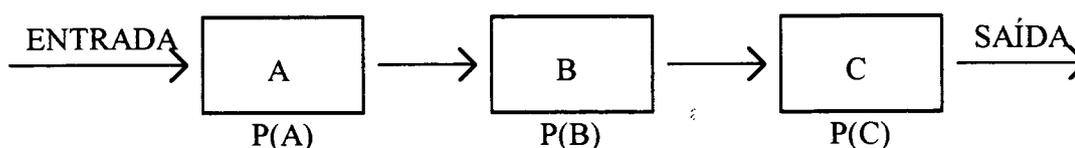


Figura 5.1. - Exemplo da ADB em série

Os valores  $P(A)$ ,  $P(B)$  e  $P(C)$  da figura 5.1., representam as probabilidades de sucesso, ou seja, a confiabilidade de cada componente (bloco) do sistema.

Desta forma, a probabilidade de sucesso ou a confiabilidade do sistema como um todo é dada por:

$$P = \prod_{i=1}^n P_{(i)}$$

Na ilustração:

$$P = P(A) \times P(B) \times P(C)$$

Por consequência, a probabilidade de falha (insucesso) é:

$$Q = (1 - P) = (1 - \prod_{i=1}^n P_{(i)}) = 1 - P(A) \times P(B) \times P(C)$$

**b) Exemplo de uma ADB para um sistema em paralelo:**

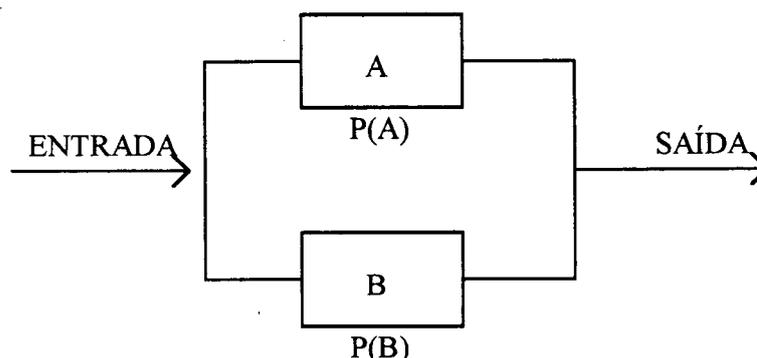


Figura 5.2. - Exemplo da ADB em paralelo

A probabilidade de sucesso para o esquema da figura 5.2. será dada por:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{(i)})$$

Na ilustração:

$$P = 1 - [(1 - P(A)) \times (1 - P(B))]$$

A probabilidade de falha para um sistema em paralelo é, então, representada por:

$$Q = (1 - P) = \prod_{i=1}^n (1 - P_{(i)}) = [(1 - P(A)) \times (1 - P(B))]$$

Definidas as probabilidades de falha, pode-se determinar o risco de cada sistema, juntando com estas, as perdas previstas devido a ocorrência das mesmas.

#### 5.4.3. ANÁLISE DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS (ACC)

A Análise das Causas e Consequências (AAC) de falhas se utiliza das mesmas técnicas de construção da AAE e da Análise da Árvore de Falhas(AAF) que será vista detalhadamente a seguir.

Como descrito em HENLEY e KUMAMOTO (1981), o procedimento para construção de um diagrama de consequências inicia por um evento inicial, posteriormente cada evento desenvolvido é questionado: - Em que condições o evento induz a outros eventos?; - Quais as alternativas ou condições que levam a

diferentes eventos?; - Que outros componentes o evento afeta? Ele afeta mais do que um componente?; - Quais os outros eventos que este evento causa?. De acordo com estes autores, “a tecnologia causa-consequência é um casamento da árvore de falhas (mostra as causas) e a árvore de eventos (mostra as consequências), todas elas tendo sua sequência natural de ocorrência”.

Conforme DE CICCIO (1989), trata-se de uma técnica que permite avaliar qualitativa e quantitativamente as consequências dos eventos catastróficos de ampla repercussão e verificar a vulnerabilidade do meio ambiente, da comunidade e de terceiros em geral.

O processo consiste, sucintamente, em escolher um evento crítico, partindo-se para um lado, com a discretização das consequências e para outro, determinando as causas. A estruturação, a exemplo da árvore de falhas, também é feita através de símbolos.

#### 5.4.4. ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (AAF) - Fault Tree Analysis (FTA)

A Análise de Árvore de Falhas - AAF foi primeiramente concebida por H.A. Watson dos Laboratórios Bell Telephone em 1961, a pedido da Força Aérea Americana para avaliação do sistema de controle do Míssil Balístico Minuteman.

A AAF é um método excelente para o estudo dos fatores que poderiam causar um evento indesejável (falha) e encontra sua melhor aplicação no estudo de situações complexas. Ela determina as frequências de eventos indesejáveis (topo) a partir da combinação lógica das falhas dos diversos componentes do sistema.

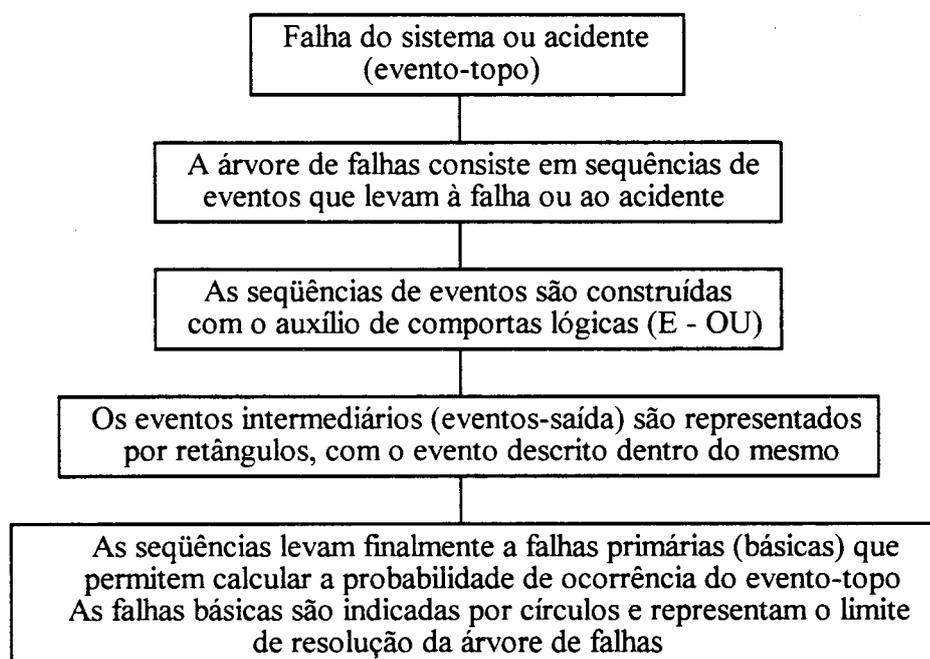
Segundo LEE et alli (1985), o principal conceito na AAF é a transformação de um sistema físico em um diagrama lógico estruturado (a árvore de falhas), onde são especificados as causas que levam a ocorrência de um específico evento indesejado de interesse, chamado evento topo.

O evento indesejado recebe o nome de evento topo por uma razão bem lógica, já que na montagem da árvore de falhas o mesmo é colocado no nível mais alto. A partir deste nível o sistema é dissecado de cima para baixo, enumerando todas as causas ou combinações delas que levam ao evento indesejado. Os eventos do nível inferior recebem o nome de eventos básicos ou primários, pois são eles que dão origem a todos os eventos de nível mais alto.

De acordo com OLIVEIRA e MAKARON (1987), a AAF é uma técnica dedutiva que se focaliza em um acidente particular e fornece um método para determinar as causas deste acidente, é um modelo gráfico que dispõe várias combinações de falhas de equipamentos e erros humanos que possam resultar em um acidente. Consideram o método como “uma técnica de pensamento-reverso, ou seja, o analista começa com um acidente ou evento indesejável que deve ser evitado e identifica as causas imediatas do evento, cada uma examinada até que o analista tenha identificado as causas básicas de cada evento”. Portanto, é certo supor que a árvore de falhas é um diagrama que mostra a interrelação lógica entre estas causas básicas e o acidente.

A diagramação lógica da árvore de falhas é feita utilizando-se símbolos e comportas lógicas, indicando o relacionamento entre os eventos considerados. As duas unidades básicas ou comportas lógicas envolvidas são os operadores “E” e “OU”, que indicam o relacionamento casual entre eventos dos níveis inferiores que levam ao evento topo. As combinações sequenciais destes eventos formam os diversos ramos da árvore.

De acordo com DE CICCO e FANTAZZINI (1994d) a estrutura básica de construção de uma árvore de falhas pode ser sintetizada conforme a figura 5.3.



Fonte: HENLEY E KUMAMOTO (1981)

Figura 5.3 - Estrutura fundamental de uma árvore de falhas

A AAF pode ser executada em quatro etapas básicas: definição do sistema, construção da árvore de falhas, avaliação qualitativa e avaliação quantitativa.

Embora tenha sido desenvolvida com o principal intuito de determinar probabilidades, como técnica quantitativa, é muito comumente usada também por seu aspecto qualitativo porque, desta forma e de maneira sistemática, os vários fatores, em qualquer situação a ser investigada, podem ser visualizados. Segundo HAMMER (1993), os resultados da análise quantitativa são desejáveis para muitos usos, contudo, para proceder à análise quantitativa, deve ser realizada primeiramente a análise qualitativa, sendo que muitos analistas crêem que deste modo, obter resultados quantitativos não requer muitos esforços adicionais.

Assim, a avaliação qualitativa pode ser usada para analisar e determinar que combinações de falhas de componentes, erros operacionais ou outros defeitos podem causar o evento topo. Já a avaliação quantitativa é utilizada para determinar a probabilidade de falha no sistema pelo conhecimento das probabilidades de ocorrência de cada evento em particular.

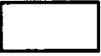
Desta forma, o método de AAF pode ser desenvolvido através das seguintes etapas:

- a) Seleção do evento indesejável ou falha, cuja probabilidade de ocorrência deve ser determinada;
- b) Revisão dos fatores intervenientes: ambiente, dados do projeto, exigências do sistema, etc., determinando as condições, eventos particulares ou falhas que possam vir a contribuir para ocorrência do evento topo selecionado;
- c) Montagem, através da diagramação sistemática, dos eventos contribuintes e falhas levantados na etapa anterior, mostrando o interrelacionamento entre estes eventos e falhas, em relação ao evento topo. O processo inicia com os eventos que poderiam, diretamente, causar tal fato, formando o primeiro nível - o nível básico. A medida que se retrocede, passo a passo, até o evento topo, são adicionadas as combinações de eventos e falhas contribuintes. Desenhada a árvore de falhas, o relacionamento entre os eventos é feito através das comportas lógicas;
- d) Através de Álgebra Booleana são desenvolvidas as expressões matemáticas adequadas, que representam as entradas da árvore de falhas. Cada comporta lógica tem implícita uma operação matemática, podendo ser traduzidas, em última análise, por ações de adição ou multiplicação;

e) Determinação da probabilidade de falha de cada componente, ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento topo será investigada pela combinação das probabilidades de ocorrência dos eventos que lhe deram origem.

A simbologia lógica de uma árvore de falhas é descrita no quadro 5.7.

Quadro 5.7 - Simbologia lógica de uma árvore de falhas

	Módulo ou comporta "E"
	Módulo ou comporta "OU"
	Módulo ou comporta de inibição. Permite aplicar uma condição ou restrição à sequência
	Identificação de um evento particular, topo ou contribuinte
	Falha primária de um ramo ou série. Evento básico
	Normalmente um evento que sempre ocorre, a menos que ocorra falha
	Evento não desenvolvido. Falta de informação ou de consequência suficiente.
	Indica ou estipula restrições
	Símbolo de conexão a outra parte da árvore

Para proceder ao estudo quantitativo da AAF, é necessário conhecer e relembrar algumas definições da Álgebra de Boole. A Álgebra Booleana foi desenvolvida pelo matemático George Boole para o estudo da lógica. Suas regras e expressões em símbolos matemáticos permitem simplificar problemas complexos. É principalmente usada em áreas de computadores e outras montagens eletromecânicas

e também em análise de probabilidades, em estudos que envolvem decisões e mais recentemente, em segurança de sistemas.

O quadro 5.8. transcrito de HAMMER (1993), representa algumas das definições de álgebra booleana associadas aos símbolos usados na análise quantitativa da árvore de falhas. Em complemento, o quadro 5.9. apresenta as leis e fundamentos matemáticos da Álgebra de Boole.

Quadro 5.8. - Álgebra booleana e simbologia usada na árvore de falhas

Módulo	Símbolo	Explicação	Tabela Verdade		
OR (OU)	$A + B$  $A \quad B$	O módulo OR indica que quando uma ou mais das entradas ou condições determinantes estiverem presentes, a proposição será verdadeira (V) e resultará uma saída. Ao contrário, a proposição será falsa (F) se, e somente se, nenhuma das condições estiver presente	$A + B$		
AND (E)	$A \cdot B$  $A \quad B$	O módulo AND indica que todas as entradas ou condições determinantes devem estar presentes para que uma proposição seja verdadeira (V). Se uma das condições ou entradas estiver faltando, a proposição será falsa (F).	$A \cdot B$		
NOR (NOU)	$A + B$  $A \quad B$	O módulo NOR pode ser considerado um estado NO-OR (NÃO-OU). Indica que, quando uma ou mais entradas estiverem presentes, a proposição será falsa (F) e não haverá saída. Quando nenhuma das entradas estiver presente, resultará uma saída.	$A + B$		
NAND (NE)	$A \cdot B$  $A \quad B$	O módulo NAND indica que, quando uma ou mais das entradas ou condições determinantes não estiverem presentes, a proposição será verdadeira (V) e haverá uma saída. Quando todas as entradas estiverem presentes, a proposição será falsa (F) e não haverá saída.	$A \cdot B$		

Fonte: HAMMER (1993)

Quadro 5.9. - Relacionamento e leis representativas da Álgebra de Boole

RELACIONAMENTO	LEI
$A \cdot 1 = A$ $A \cdot 0 = 0$ $A + 0 = A$ $A + 1 = 1$	Conjuntos complementos ou vazios
$(A^c)^c = A$	Lei de involução
$A \cdot A^c = 0$ $A + A^c = 1$	Relações complementares
$A \cdot A = A$ $A + A = A$	Leis de idempotência
$A \cdot B = B \cdot A$ $A + B = B + A$	Leis comutativas
$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$ $A + (B + C) = (A + B) + C$	Leis associativas
$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$ $A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	Leis distributivas
$A \cdot (A + B) = A$ $A + (A \cdot B) = A$	Leis de absorção
$(A \cdot B)^c = A^c + B^c$ $(A + B)^c = A^c \cdot B^c$	Leis de dualização ( Leis de Morgan)

Fonte: HAMMER (1993)

Desta forma, para a árvore de falhas representada na figura 5.4. as probabilidades dos eventos, calculadas obedecendo-se às determinações das comportas lógicas, resultam em:

$$E = A \cap D$$

$$D = B \cup C$$

$$E = A \cap B \cup C$$

$$P(E) = P(A \cap B \cup C)$$

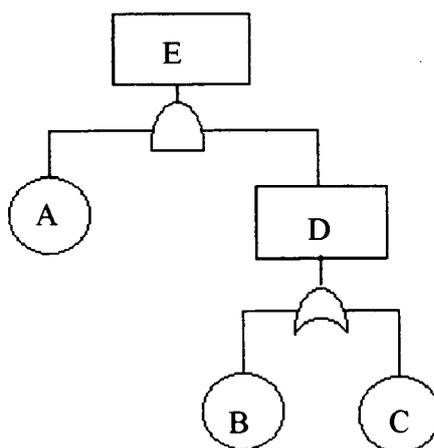


Figura 5.4 - Esquema de uma árvore de falhas

A AAF não necessariamente precisa ser levada até a análise quantitativa, entretanto, mesmo ao se aplicar o procedimento de simples diagramação da árvore, é possível a obtenção de um grande número de informações e conhecimento muito mais completo do sistema ou situação em estudo, propiciando uma visão bastante clara da questão e das possibilidades imediatas de ação no que se refere à correção e prevenção de condições indesejadas.

O uso da árvore de falhas pode trazer, ainda, outras vantagens e facilidades, quais sejam: a determinação da sequência mais crítica ou provável de eventos, dentre os ramos da árvore, que levam ao evento topo; a identificação de falhas singulares ou localizadas importantes no processo; o descobrimento de elementos sensores (alternativas de solução) cujo desenvolvimento possa reduzir a probabilidade do contratempo em estudo. Geralmente, existem certas sequências de eventos centenas de vezes mais prováveis na ocorrência do evento topo do que outras e, portanto, é relativamente fácil encontrar a principal combinação ou combinações de eventos que precisam ser prevenidas, para que a probabilidade de ocorrência do evento topo diminua.

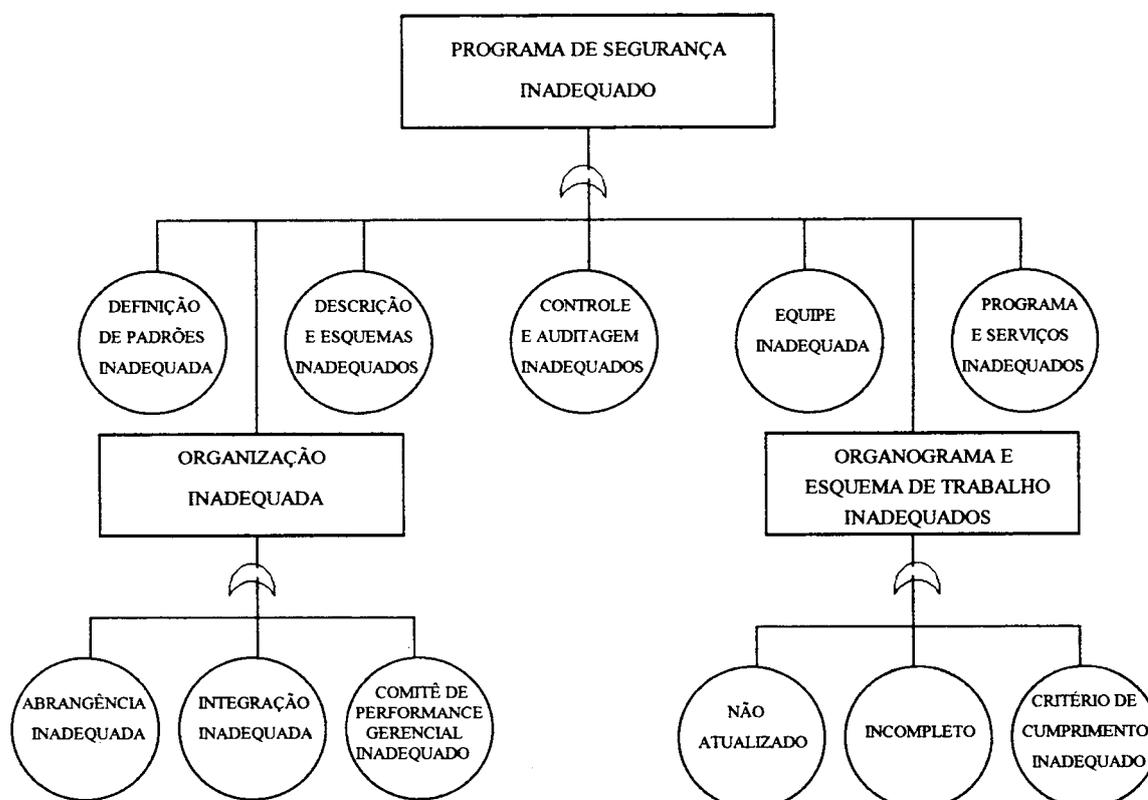
Além dos aspectos citados, a AAF encontra aplicação para inúmeros outros usos, como: solução de problemas diversos de manutenção, cálculo de confiabilidade, investigação de acidentes, decisões administrativas, estimativas de riscos, etc.

#### 5.4.5. MANAGEMENT OVERSIGHT AND RISK TREE (MORT)

O método conhecido como MORT é uma técnica que usa um raciocínio semelhante ao da AAF, desenvolvendo uma árvore lógica, só que com a particularidade de ser aplicado à estrutura organizacional e gerencial da empresa, ilustrando erros ou ações inadequadas de administração.

Segundo HAMMER (1993), o método pode ser também usado para esquematizar ações administrativas que possam ter contribuído para um acidente, o qual já tenha ocorrido. Nesta árvore cada evento é uma ação do operador ou administrador, sendo que as falhas de equipamentos ou condições ambientais não são consideradas.

A figura 5.5. mostra um ramo de um estudo MORT, publicado por W.G. Johnson *apud* OLIVEIRA(1991).



Fonte: OLIVEIRA (1991)

Figura 5.5. - Esquema de um estudo MORT

---

## **CAPÍTULO VI**

---

# **UM MODELO PARA SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS EM SEGURANÇA**

*"... Se não soubermos medir as coisas sobre as quais estamos falando de  
maneira a associar números às nossas afirmações, é porque o  
nosso conhecimento é ainda precário e de má qualidade."  
Lord Kelvin (1987) apud Wilson B. Oliveira(1991)*

<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>88</b>
<b>6.2. PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO TÉCNICA DE APOIO À DECISÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>6.3. O MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>90</b>

## 6.1. INTRODUÇÃO

É fato que qualquer empresa que deseje competir, num mercado acirrado como o atual, com perspectivas de crescimento e perpetuação, não pode deixar de considerar os aspectos qualidade/competitividade/segurança como interligados, dependentes. E mais, os empresários precisam entrar num processo de conscientização de que segurança é fator fundamental para se obter qualidade e competitividade.

Porém, mesmo conscientes de tal necessidade, devido à escassez de recursos e às diversas oportunidades de investimento, a empresa normalmente enfrenta o dilema de ter que decidir qual o conjunto de alternativas que viria a melhor atender seus interesses.

Neste capítulo, será proposto um modelo matemático, que tendo como suporte as técnicas de identificação de situações passíveis de aperfeiçoamento, análise e avaliação de riscos descritas anteriormente, tem como objetivo auxiliar no processo de tomada de decisão no que se refere à investimentos em segurança.

Conforme ESTEVES (198-?), “o risco é inevitável e inerente a qualquer atividade do ser humano. É, no entanto, administrável”. Qualquer que seja o enfoque, o mesmo deve ser gerenciado de forma eficaz. O mesmo autor afirma que “o julgamento de como investir mais ou menos recursos deverá contemplar o cotejo entre a adoção (ou não) das medidas de mitigação e gerenciamento preconizadas nos estudos de identificação, análise e avaliação de riscos, obtendo-se o melhor compromisso entre ambas, para um dado partamar de risco, tido como aceitável”.

Assim, os modelos matemáticos podem ser bastante completos, pois possuem uma grande potencialidade para representar os diferentes fatores de decisão que devem ser considerados na seleção de alternativas e alocação de recursos.

## 6.2. PROGRAMAÇÃO LINEAR COMO SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO

Como afirma BASTIAS (1976), a otimização dos recursos disponíveis para um processo de produção de bens e/ou serviços depende fundamentalmente da prevenção dos riscos de acidentes, considerados estes como efeitos negativos que diminuem ou paralisam todo o processo produtivo e que podem causar danos humanos, materiais e financeiros. Além dos problemas internos que provocam, incidem diretamente no aumento dos custos de produção, devido à má utilização dos recursos, programados, dificultam a manutenção da qualidade garantida do produto e prejudicam o prestígio da organização pela falta de cumprimento de seus compromissos.

Ao estruturar-se um problema de aperfeiçoamento sob a forma matemática, o intuito é o de ajudar no processo de decisão, decidindo que atividades empreender: quando, quanto, como e onde investir para que se obtenha uma alocação eficiente dos recursos, com o retorno refletido no benefício proporcionado pela redução das perdas existentes.

Para solucionar problemas relacionados à engenharia de segurança, a programação linear pode servir como ferramenta de planejamento e programação, ajudando a selecionar que alternativas (variáveis de decisão) implementar, dado que estas diversas alternativas competem entre si pela utilização de recursos, limitados por restrições orçamentárias no tempo, ou ainda pelas mesmas precisarem satisfazer algumas restrições, como níveis de risco admitidos.

O objetivo será, então, maximizar uma função objetiva das alternativas *versus* benefício proporcionado, ou seja, maximizar a redução nas perdas (minimizar as perdas).

A programação linear exige que todas as funções sejam lineares. Em geral, na formulação matemática, o problema de programação linear é do tipo:

Função objetiva:

$$\text{Max. } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

Sujeito a:

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + \dots + A_{1n}X_n \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} B_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + \dots + A_{2n}X_n \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} B_2$$

$$A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n \begin{cases} \leq \\ \geq \end{cases} B_m$$

Mais as restrições de não negatividade:

$$X_j \geq 0 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n.$$

Caso as variáveis  $X_j$  sejam variáveis de decisão que representem a possibilidade de implantação integral ou não de determinada atividade, têm-se o caso de programação linear inteira, onde  $X_j = k$ , com  $j = 0, 1, 2, \dots, n$  e  $k \in I$ , sendo programação linear inteira binária quando  $X_j = 0$  ou  $X_j = 1$ , para  $j = 0, 1, 2, \dots, n$ .

O problema resume-se na maximização (ou minimização) de uma função linear - a função objetiva, sujeita à restrições também lineares, onde a interpretação econômica dos símbolos acima é:

$B_i$ : São as limitações de recursos, ou seja, os recursos disponíveis, com  $B_i \geq 0$  para  $i = 1, 2, \dots, m$ ;

$X_j$ : São as alternativas que competem, com  $j = 1, 2, \dots, n$ ;

$C_j$ : É o aumento em  $Z$  devido à  $X_j$ ;

$A_{ij}$ : É o quanto de recurso  $i$  é consumido pela alternativa  $j$ .

Este modelo geral, pode ser mais ou menos complexo, dependendo da quantidade de fatores considerados no estudo. O tempo, ou horizonte de planejamento é um fator importante que não está sendo considerado no modelo acima e que com algumas restrições e complementos adicionais, pode ser facilmente introduzido no modelo, como veremos no modelo proposto por este trabalho.

No item 6.3. será proposto um modelo matemático de programação linear específico para seleção de alternativas de investimentos em segurança.

### 6.3. O MODELO PROPOSTO

O modelo proposto, baseado em programação linear, busca a otimização na alocação dos recursos, através da seleção das alternativas a serem implementadas nos diversos períodos dentro do horizonte de planejamento considerado.

A função objetiva é de maximizar o benefício, proporcionado pela redução nas perdas, dado pelo somatório dos benefícios individuais de cada alternativa nos períodos subsequentes à implementação da mesma

As restrições principais são de três tipos: de disponibilidade de recursos, de compromisso e de risco. A restrição de recursos busca equacionar o dispêndio financeiro para implementação das alternativas e a disponibilidade orçamentária em cada período. A restrição de compromisso estabelece a integralidade na implantação das alternativas, ou seja, se uma alternativa é para ser implementada, ela o é por completo, assim sendo, dado que uma alternativa foi implementada num período, todo o dispêndio financeiro de sua implantação já foi considerado neste período, estando automaticamente em vigor e a custo zero para o restante do horizonte de planejamento. A restrição de risco individual determina o nível de risco aceitável para cada tipo de problema

identificado. O nível global de risco, por sua vez, determina o nível de risco aceitável pra os conjunto total de problemas identificados.

Para finalizar as restrições, temos ainda as de programação inteira 0 e 1 que vem complementar a restrição de integralidade das alternativas e a restrição de não-negatividade das variáveis.

O modelo matemático fica então, genericamente, assim definido:

$$\text{Max. } Z = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \left\{ B_{ij} [(T+1/2) - j] - C_{ij} \right\} X_{ij} \quad (6.1.)$$

s.a.:

1. Restrição de Recursos:

$$\sum_{i=1}^N C_{ij} \cdot X_{ij} \leq D_j \quad j = 1, 2, \dots, T. \quad (6.2.)$$

2. Restrição de Compromisso:

$$\sum_{j=1}^T X_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (6.3.)$$

3. Restrições de Risco:

a) Individuais:

$$\left( R_k - R_k \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^T \Delta R_{kij} \cdot X_{ij} \right) - NR_k \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, M. \quad (6.4.)$$

b) Global:

$$\sum_{k=1}^M NR_k \leq NRG \quad (6.5.)$$

Com:

$$X_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad e \quad j = 1, 2, \dots, T. \quad (6.6.)$$

$$NR_k \geq 0 \quad (6.7.)$$

Onde:

$i$ : alternativa considerada,  $i = 1, 2, \dots, N$ ;

$N$ : Número total de possíveis alternativas;

$j$ : período considerado,  $j = 1, 2, \dots, T$ ;

$T$ : Número total de períodos considerados, ou seja, horizonte de planejamento;

$k$ : Tipo de problema analisado,  $k = 1, 2, \dots, M$ ;

$M$ : Número total de problemas analisados;

$1/2$ : Considera que no período de implantação da alternativa o benefício ocorra pela metade;

$B_{ij}$ : Benefício periódico advindo pela implantação da alternativa  $i$  no período  $j$ ;

$C_{ij}$ : Custo total para implementação da alternativa  $i$ , no período  $j$ ;

$D_j$ : Disponibilidade, orçamento no período  $j$ ;

$\Delta R_{kij}$ : Redução no risco (das probabilidades de ocorrência dos problemas) tipo  $k$ , devido a implantação da alternativa  $i$  no período  $j$ .

$R_k$ : Risco ou probabilidade existente de ocorrência de um problema tipo  $k$ ;

$NR_k$ : Nível de risco admitido para um problema tipo  $k$ ;

$NRG$ : Nível global de risco admitido para o conjunto dos problemas tipo  $k$ ;

$X_{ij}$ : Decisor, ou seja:

$X_{ij} = 0$  : a alternativa  $i$  no período  $j$  não será implantada

$X_{ij} = 1$  : a alternativa  $i$  no período  $j$  será implantada

Quanto às restrições de risco, vale observar que o nível de risco  $NR_k$  no máximo poderá ser igual ao risco existente  $R_k$  e não inferior ao risco existente menos a redução máxima possível. Não ultrapassar o valor existente de risco, significa não admitir mais perdas do que as atuais, e o valor mínimo possível é dado pela redução máxima, ou seja, quando da implantação de todas as alternativas que afetam o problema  $k$ .

Como o modelo assim formulado, em termos de lucro líquido, não permite uma comparação real entre projetos de investimentos que envolvam quantidades distintas de recursos monetários, torna-se necessária uma análise complementar ao modelo, avaliando, além do lucro líquido, a rentabilidade das alternativas de investimento.

A opção de trabalhar-se com uma função objetiva em termos de lucro líquido e não de rentabilidade, é explicada pela linearidade do modelo. Se ao invés daquele se optasse por uma função objetiva que maximize a rentabilidade, teríamos um modelo não linear.

Desta forma, a partir dos valores obtidos pela aplicação do modelo de maximização do lucro líquido proposto, a rentabilidade será medida, então, pela seguinte expressão:

$$R = \frac{LL + (OTD - C)}{OTD} \quad *(6.8.)$$

Onde:

LL: Lucro Líquido

OTD: Orçamento Total Disponível

C: Custo ou orçamento necessário

\*: Apenas para valores positivos de lucro líquido.

O lucro líquido (LL) é o valor da variável maximizada da função objetiva para cada orçamento específico combinado com diferentes níveis globais de risco e, portanto, é o resultado da aplicação do modelo para cada situação individual.

O orçamento total disponível (OTD) é o limite de recursos fornecido, ou seja, a disponibilidade orçamentária para solucionar o problema em estudo, dependendo das políticas de investimento da empresa.

O custo ou orçamento necessário (C), também é fornecido como resultado do modelo. O mesmo representa o custo das alternativas que selecionadas produzem o lucro líquido máximo para um dado orçamento disponível combinado com cada nível global de risco. Depende, portanto, da operacionalização do modelo.

A parcela representada pelo orçamento total disponível (OTD) deduzido do custo de implantação das alternativas selecionadas (C) representa a sobra, o resíduo, o excedente do orçamento disponível que não foi necessária para que se obtivesse o ponto de máximo lucro.

Quanto a aplicação do modelo, vale lembrar que ao se relaxar o limite de nível global de risco, seria de se esperar que o lucro líquido e a rentabilidade aumentassem. Isto é válido e ocorrerá, obrigatoriamente, sempre que falarmos em lucro líquido, já que o modelo visa a sua maximização, e quanto maior o limite, maior ou no mínimo igual seria a variável maximizada. Porém, ao se aplicar a equação (6.8.) é possível que ao se aumentar o nível global de risco a rentabilidade diminua. Isto ocorre devido ao fato de que a medida de rentabilidade considera a recuperação do capital investido (o custo), assim, é possível que ao passar de uma situação de menor risco para outra de maior risco, o custo para se obter um lucro líquido maior seja mais elevado. Se isto ocorrer, a diferença entre o orçamento disponível e o custo diminuirá, da situação de menor para a

de maior risco. Se o aumento do lucro não for suficiente para suprir o aumento do custo, constata-se pela aplicação da equação (6.8.) que a rentabilidade cai.

Como a aplicação da equação (6.8.) só tem sentido para valores positivos da variável maximizada (caso contrário teríamos prejuízo e não lucro), torna-se necessário estabelecer uma medida de “rentabilidade” que represente o déficit causado caso o investimento acarrete prejuízo. Esta medida é definida pela equação (6.8.) e indica em quanto monta o prejuízo em contrapartida ao orçamento disponível.

$$MP = \frac{(P)}{OTD} \quad *(6.9.)$$

Onde:

MP: medida de prejuízo

P: Valor da variável maximizada quando a mesma for negativa, prejuízo

OTD: Orçamento total disponível

\*: Apenas para valores negativos da variável maximizada

Vale lembrar que como no modelo de programação linear não está sendo considerada a taxa de juros, para os cálculos de rentabilidade e prejuízo a mesma linha de raciocínio é seguida. É importante ressaltar que isto só é válido para horizontes de planejamento de curto prazo e ainda quando as taxas de mercado são baixas. Neste caso, considerou-se um horizonte de planejamento razoavelmente curto, optando-se por desconsiderar a taxa de juros no modelo. Para que o efeito da taxa de juros seja considerado, basta acrescentar ao somatório da função objetiva, o fator  $(1+i)^{(T + 1/2)} - i$ , onde "i" é a taxa de juros.

Calculadas as rentabilidades de cada orçamento em função do nível global de risco, é possível esboçar, para cada orçamento, o perfil do conjunto de soluções possíveis e dentro destas as mais eficientes, como representa simbolicamente a figura (6.1).

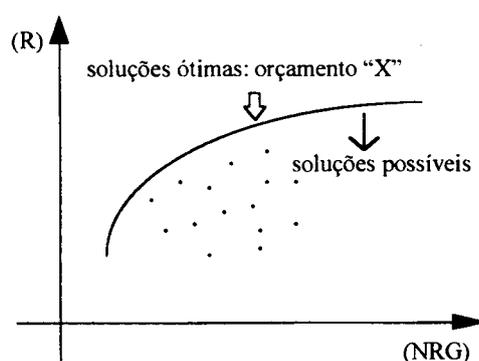


Figura 6.1. - Representação simbólica das soluções ótimas para um orçamento "X" fixo.

Esboçados os perfis de soluções ótimas para cada orçamento dado um nível de risco, é possível, ao plotar as curvas dos diversos orçamentos em um único gráfico, delimitar a fronteira ou envoltória eficiente.

A fronteira eficiente é a curva que representa quais os orçamentos que proporcionam a máxima rentabilidade possível para um dado nível de risco, cujo gráfico está esquematizado na figura (6.2.).

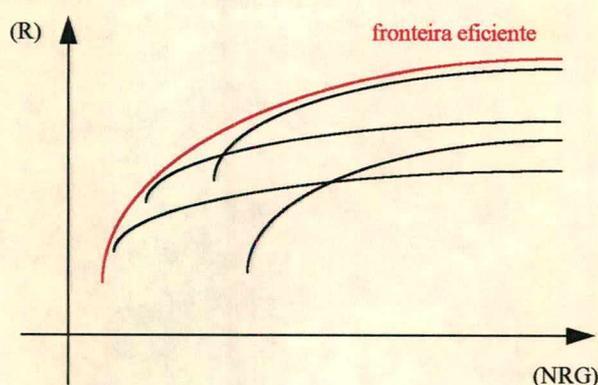


Figura 6.2. - Fronteira eficiente considerando os diversos orçamentos

Aplicada a metodologia descrita, torna-se então mais fácil decidir onde, como e quanto investir para que a riqueza da empresa seja maximizada.

No capítulo sete será realizada a implementação do modelo proposto, através de um estudo de caso.

---

## **CAPÍTULO VII**

---

### **ESTUDO DE CASO**

*"Nothing is perfectly safe. Safety is relative: it is not absolute ... In some cases hazards can be eliminated entirely or their probabilities of causing accidents reduced to such a low value that they can be considered to have been eliminated."  
Willie Hammer (1993)*

<b>7.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>97</b>
<b>7.2. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>97</b>
<b>7.3. APLICAÇÃO DO MODELO .....</b>	<b>107</b>
<b>7.4. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>113</b>
7.4.1. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 1º GRUPO ORÇAMENTO DE R\$ 60.000,00 APLICADO EM UM ÚNICO PERÍODO .....	114
7.4.2. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 2º GRUPO APLICAÇÃO DE TODOS OS RECURSOS DISPONÍVEIS NO PRIMEIRO PERÍODO .....	116
7.4.3. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 3º GRUPO APLICAÇÃO DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM PARCELAS IGUAIS EM TODOS OS PERÍODOS .....	118
7.4.4. COMPARAÇÕES ENTRE AS SIMULAÇÕES DO 2º E 3º GRUPOS .....	119

## 7.1. INTRODUÇÃO

Para validar o modelo proposto no capítulo anterior, foi realizado um levantamento de dados em uma empresa de transportes urbanos da Grande Florianópolis.

Primeiramente foi detectado, um problema causador de prejuízos materiais, perda de tempo e quando levado a extremos podendo provocar lesões pessoais.

Para FARBER (1991), “prevenir e controlar as perdas de um sistema supõe a análise das causas e a magnitude das mesmas. Nesta linha de raciocínio, a perda é o efeito de um fato anormal desfavorável que por sua vez ocorreu devido a causas específicas. Do mesmo modo, pode-se entender perda potencial como o possível efeito de um fato anormal, que também ocorre devido às mesmas causas”.

Desta forma, considerando então o fato “parada involuntária dos ônibus”, parte-se do pressuposto que em grande parte este problema ocorre devido a falta de um programa de manutenção adequada à frota de ônibus. O que se propõe é um programa de manutenção preventiva em substituição à manutenção corretiva existente.

No estudo de caso leva-se em consideração também, que o problema descrito pode ser causado por outros fatores, devendo o programa de prevenção adotado ser direcionado a cada um deles. O programa é baseado na manutenção dos sistemas de funcionamento dos ônibus, sendo que cada sistema deve ser tratado de forma diferenciada.

As alternativas propostas consistem-se em auditorias específicas nos sistemas de funcionamento, antecedidas por programas de treinamento aos motoristas e mecânicos.

## 7.2. ESTUDO DE CASO

Para fins de planejamento, o estudo de caso apresentado a seguir, restringe-se a um horizonte de tempo igual a um ano, sendo subdividido, para efeito de alocação de recursos no tempo, em períodos bimestrais.

Com relação ao problema analisado, tendo como base a abordagem de gerenciamento de riscos descrita anteriormente, foram levantados os grupos específicos de problemas causais descritos no quadro 7.1. A convenção estabelecida na primeira coluna desta tabela definirá cada grupo no transcorrer do trabalho.

De acordo com BROWN (1973), a análise de um evento (fato indesejado) em termos de seus fatores causais pode ser explicada pelo fato de que uma ação corretiva ou preventiva é mais eficiente se conhecermos os fatores intervenientes à ocorrência do mesmo, atuando assim no foco do problema. Soluções gerais são melhor aplicadas a nível de fatores causais, enquanto que as medidas de prejuízo causado são melhor atribuídas e avaliadas a nível de situação indesejável.

Definidas as causas que levam à ocorrência do evento indesejável, é possível calcular as probabilidades do mesmo ocorrer devido a cada um dos problemas definidos. Estas probabilidades referem-se, na verdade, ao que aqui denominar-se-á de risco.

Desta forma, o risco inerente ao estudo de caso proposto refere-se à probabilidade de a cada saída do ônibus ocorrer um problema qualquer do tipo  $k$  ( $k = G1, G2, \dots, G11$ ). Esta probabilidade foi definida a partir da equação (7.1.) a seguir:

$$P(E_k) = \frac{NOT_k}{NSG - NRS_k} \quad (7.1)$$

Onde:

$P(E_k)$ : Probabilidade do evento indesejável ocorrer devido ao problema tipo  $k = 1, 2, \dots, M$ ;

$NOT_k$ : Número de ocorrências do problema tipo  $k$ , com reparos na garagem ou em serviço;

$NSG$ : Número de saídas da garagem;

$NRS_k$ : Número de reparos em serviço (socorro fora da garagem) para o problema tipo  $k$ .

Quadro 7.1. - Grupos de problemas causais com respectiva convenção

CONVENÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
G1	Problemas na Carroceria e Acessórios
G2	Problemas no Sistema Elétrico
G3	Problemas no Sistema de Suspensão
G4	Problemas no Motor
G5	Problemas no Sistema de Refrigeração
G6	Problemas no Sistema de Freios
G7	Problemas na Caixa
G8	Problemas nos Pneus
G9	Problemas no Sistema de Embreagem
G10	Problemas no Diferencial
G11	Problemas no Sistema de Direção

Os resultados obtidos a partir da equação (7.1), para cada grupo específico de problemas, estão descritos no quadro 7.2.

Quadro 7.2. - Probabilidades de ocorrência dos grupos de problemas durante os meses julho/agosto 95

GRUPO	SOCORRO	SOCOR. +SAÍDAS	OCORRÊNCIAS	PROB. OCORR./SAÍDA	(%)*
G1	01	5.279	308	0.058344	5.83
G2	02	5.280	361	0.068371	6.83
G3	00	5.278	16	0.003031	0.30
G4	07	5.285	115	0.021760	2.18
G5	01	5.279	23	0.004357	0.44
G6	02	5.280	443	0.083902	8.39
G7	00	5.278	26	0.004926	0.49
G8	01	5.279	67	0.012692	1.27
G9	02	5.280	157	0.030146	3.01
G10	01	5.279	55	0.010419	1.04
G11	00	5.278	68	0.012884	1.29
TOTAL DE SAÍDAS = 5.278					

\*Probabilidade de a cada saída ocorrer um problema do tipo 1,2,.....11.

Os custos relacionados a situação existente, a partir dos dados fornecidos pela empresa, estão descritos na quadro 7.3.

Os valores dos custos mensais e bimestrais apresentados levam em consideração apenas o fator material, isto porque pressupõe-se que os custos relacionados à mão-de-obra são fixos, mantendo-se o quadro funcional inalterado tanto para a situação atual como para a situação proposta através da implementação do programa de manutenção preventiva e, desta forma, estes custos não influirão na modelagem proposta.

Através da identificação e avaliação da situação existente, pode-se relacionar critérios para o estabelecimento de um programa efetivo de manutenção, que visa a redução tanto dos problemas identificados (através da redução das probabilidades de ocorrência) como dos custos incorridos nas manutenções corretivas praticadas.

Quadro 7.3. - Custo médio mensal e bimestral relacionados a cada grupo de problemas

GRUPO	CUSTO MÉDIO MENSAL (CR\$)	CUSTO MÉDIO BIMESTRAL (CR\$)
G1	8.904,84	17.809,68
G2	5.730,36	11.460,72
G3	870,41	1.740,82
G4	7.815,00	15.630,00
G5	283,99	567,98
G6	8.285,81	16.571,62
G7	1.293,82	2.587,63
G8	15.852,84	31.705,68
G9	3.370,08	7.460,16
G10	4.004,46	8.008,92
G11	560,16	1.120,32

O programa de manutenção proposto consiste em auditorias periódicas nos sistemas de funcionamento dos ônibus, antecedidas obrigatoriamente de treinamento aos funcionários envolvidos: motoristas e mecânicos.

O treinamento tem como objetivo a motivação de motoristas e mecânicos para sua satisfação pessoal e para a melhor compreensão e consecução correta das atividades que lhe são atribuídas. Desta forma, ele é fundamental para o êxito do programa, e quesito obrigatório para a realização da etapa de auditoria.

De acordo SELL (1995), “o fato de um trabalho ser aceito pela sociedade ainda não garante que o indivíduo em questão também o vê assim. Um trabalho traz satisfação ao trabalhador se ele for realizável, suportável, pertinente e se a pessoa estiver disposta a considerá-lo adequado para si mesma. A aceitação de um trabalho por parte do indivíduo pode ser influenciada pela estrutura da tarefa, pelo **treinamento**, pelo ambiente e pelas relações interpessoais, como também por medidas técnicas neste posto de trabalho”.

As alternativas propostas são, deste modo, baseadas em treinamentos e auditorias específicas para cada grupo de problema, tanto para mecânicos como para motoristas. Na figura 7.1. estão representadas todas as alternativas propostas para o estudo em questão.

A identificação das alternativas propostas na figura 7.1, quando aplicadas no modelo obedecerão a convenção adotada no quadro 7.4.

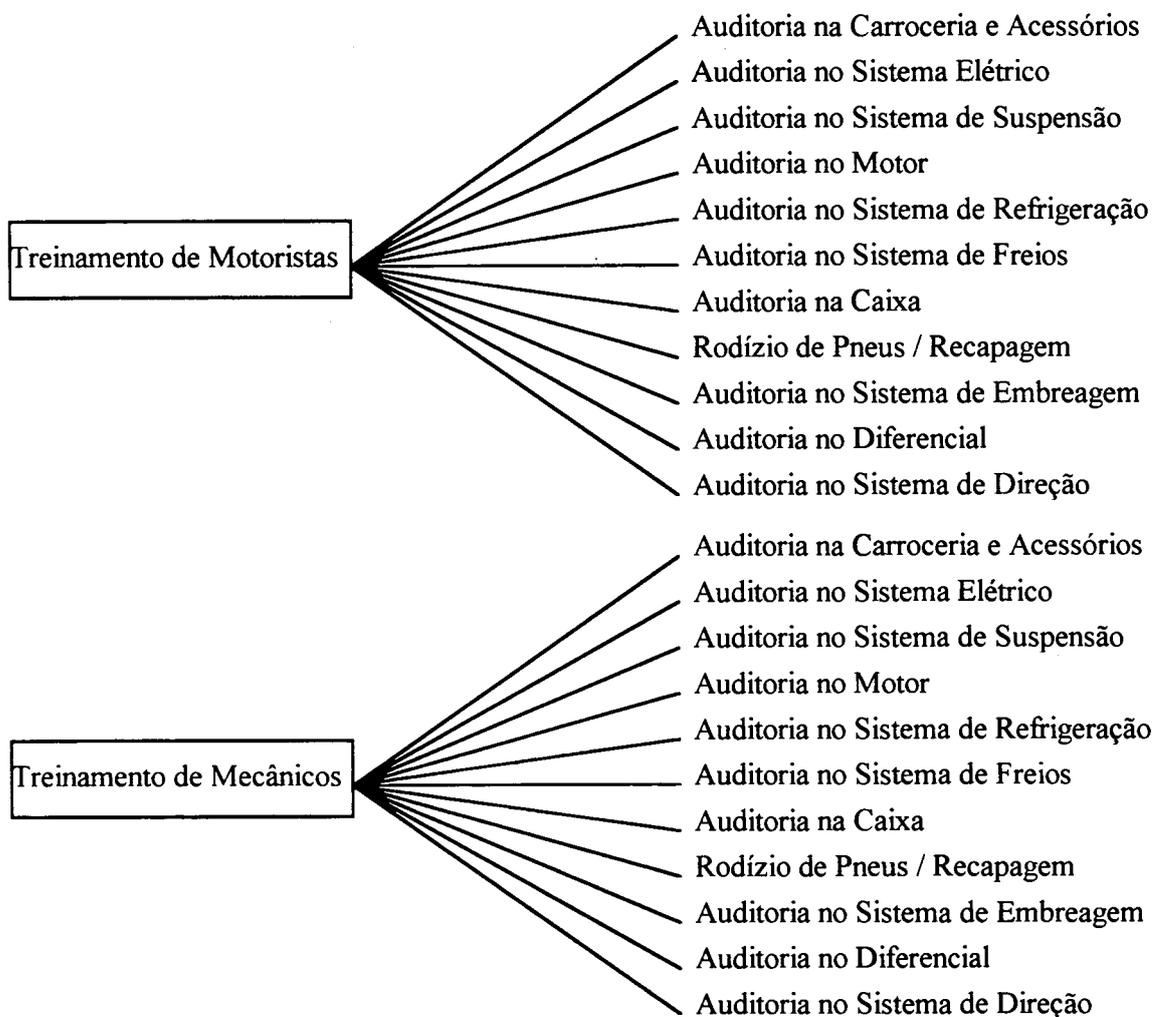


Figura 7.1. - Alternativas de manutenção preventiva propostas

Quadro 7.4. - Convenção que identifica as alternativas propostas

CONVENÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
A1	Treinamento de Motoristas +Auditoria na Carroceria e Acessórios
A2	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Sistema Elétrico
A3	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Sistema de Suspensão
A4	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Motor
A5	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Sistema de Refrigeração
A6	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Sistema de Freios
A7	Treinamento de Motoristas +Auditoria na Caixa
A8	Treinamento de Motoristas + Rodízio de Pneus / Recapagem
A9	Treinamento de Motoristas +Auditoria Sistema de Embreagem
A10	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Diferencial
A11	Treinamento de Motoristas +Auditoria no Sistema de Direção
A12	Treinamento de Mecânicos +Auditoria na Carroceria e Acessórios
A13	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Sistema Elétrico
A14	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Sistema de Suspensão
A15	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Motor
A16	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Sistema de Refrigeração
A17	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Sistema de Freios
A18	Treinamento de Mecânicos +Auditoria na Caixa
A19	Treinamento de Mecânicos + Rodízio de Pneus / Recapagem
A20	Treinamento de Mecânicos +Auditoria Sistema de Embreagem
A21	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Diferencial
A22	Treinamento de Mecânicos +Auditoria no Sistema de Direção

Formuladas as alternativas, a etapa seguinte é quantificar em quanto cada uma destas alternativas influi na redução dos problemas descritos anteriormente.

A redução estimada global possível, em cada um dos grupos de problemas está definida no quadro 7.5.

Quadro 7.5. - Reduções máximas possíveis para cada grupo de problemas

GRUPOS DE PROBLEMAS	REDUÇÕES MÁXIMAS (%)
Carroceria e Acessórios	40.00
Sistema Elétrico	50.00
Sistema de Suspensão	97.00
Motor	60.00
Sistema de Refrigeração	90.00
Sistema de Freios	50.00
Caixa	97.00
Pneus	65.00
Sistema de Embreagem	50.00
Diferencial	50.00
Sistema de Direção	60.00

Definidos os efeitos globais do programa de manutenção preventiva em cada grupo, pode-se determinar as reduções devidas à implantação de cada alternativa, que são especificadas no quadro 7.6. Estes percentuais representam a redução máxima que pode ser obtida na probabilidade de ocorrência dos problemas do tipo 1,2,...,11, devido à implantação da alternativa correspondente.

Os valores apresentados nos quadros 7.5. e 7.6., foram obtidos através de arguição a técnicos e especialistas na área de manutenção de frotas de ônibus, sendo as estimativas empíricas, baseadas na experiência e conhecimento destes profissionais.

O benefício ou redução máxima possível é estabelecida, então, pela relação percentual dos efeitos de cada alternativa sobre os custos existentes devido aos grupos de problemas. Porém, sabe-se que na prática, ao se falar em treinamento e motivação do ser humano, uma eficiência total é impossível de ser alcançada. O homem, factível a erros e dentro das limitações de sua mente, quer de captação de informações ou de armazenamento contínuo do conhecimento obtido, não possui capacidade de captar de forma global e ininterrupta o que lhe é transmitido.

Quadro 7.6. - Reduções percentuais das probabilidades de ocorrência em cada grupo de problemas devido à implantação de cada alternativa.

GRUPOS DE PROBLEMAS											
ALT	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
A1	14.29										
A2		1.22									
A3			48.50								
A4				27.43							
A5					43.85						
A6						24.36					
A7							44.34				
A8								31.67			
A9									25.00		
A10										22.86	
A11											30.00
A12	25.71										
A13		48.78									
A14			48.5								
A15				32.57							
A16					46.15						
A17						25.64					
A18							52.66				
A19								33.33			
A20									25.00		
A21										27.14	
A22											30.00

Assim sendo, levando-se em conta a argumentação apresentada e a opinião de especialistas ligados à área de treinamento de pessoal, considerou-se uma eficiência de 30% na realização dos treinamentos, e conseqüentemente no benefício proporcionado pela redução nas perdas devido a implantação das alternativas. Conforme o exposto, parte-se do pressuposto que no processo de treinamento, os envolvidos (treinados) não absorvem as informações de forma integral, e também quando da execução das práticas profissionais é difícil obter-se um rendimento máximo contínuo no tempo. Além destes fatores, buscou-se trabalhar a favor da segurança, para não correr o risco de superestimar os benefícios futuros. Os benefícios, obtidos pela redução dos custos

especificados no quadro 7.3., considerando-se os efeitos percentuais do quadro 7.6. com eficiência de 30%, estão descritos no quadro 7.7.

Quadro 7.7. - Benefícios por período propiciado por cada alternativa implantada

ALTERNATIVA	BENEFÍCIO (R\$)*	INFLUÊNCIA NOS GRUPOS
A1	763,27	G1
A2	41,93	G2
A3	253,29	G3
A4	1.286,13	G4
A5	74,71	G5
A6	1.453,20	G6
A7	344,23	G7
A8	3.012,04	G8
A9	559,51	G9
A10	549,18	G10
A11	100,83	G11
A12	1.373,89	G1
A13	1.677,18	G2
A14	353,29	G3
A15	1.527,27	G4
A16	78,64	G5
A17	1.274,74	G6
A18	408,77	G7
A19	3.170,57	G8
A20	559,51	G9
A21	652,15	G10
A22	100,83	G11

\*Benefício advindo pela implantação da alternativa 1,2,...22, por período bimestral 1,2,...6, considerando uma eficiência de 30% nos treinamentos aplicados.

Por último, os custos relativos à implantação das alternativas é apresentado no quadro 7.8. A estimativa destes custos de implantação foi realizada levando-se em consideração apenas os custos de treinamento. O custo das auditorias não foi considerado, partindo-se do princípio que as mesmas serão realizadas com o mesmo

quadro funcional e nos horários de menor utilização da frota. Assim, os custos das alternativas é o de seu treinamento específico.

Quadro 7.8. - Custos de implantação de cada alternativa.

ALTERNATIVA	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (R\$)*
A1	3.864,00
A2	3.864,00
A3	3.864,00
A4	3.864,00
A5	1.932,00
A6	3.864,00
A7	3.864,00
A8	1.932,00
A9	1.932,00
A10	3.864,00
A11	3.864,00
A12	2.253,00
A13	1.352,16
A14	1.141,92
A15	3.605,76
A16	871,20
A17	2.704,32
A18	1.802,88
A19	600,00
A20	1.201,92
A21	1.522,56
A22	1.802,88

\*Custo total para a implantação da alternativa 1,2,.....22, considerando o horizonte total de planejamento (1 ano).

Para o caso dos motoristas considerou-se como custos de implantação, os custos de contratação de um instrutor mais o custo do motorista relativo as horas de trabalho não executado para o mesmo assistir ao treinamento.

E para as alternativas envolvendo treinamento de mecânicos considerou-se, como custos de implantação, os custos de treinamento com os mesmos sendo ministrados em

São Paulo, gratuitos, fornecidos pelas empresas fabricantes. Desta forma, são incorporados apenas os custos relativos às despesas com transporte, hospedagem e alimentação do treinado, além da hora-homem de trabalho não executado.

A partir dos dados apresentados nos quadros 7.2., 7.6., 7.7. e 7.8. é possível proceder à implementação do modelo teórico proposto.

### 7.3. APLICAÇÃO DO MODELO

Com os dados obtidos através do levantamento apresentado, pode-se agora proceder a aplicação do modelo descrito no capítulo seis ao estudo de caso do item 7.2.

A seguir tem-se a especificação das equações propostas no modelo para o estudo de caso em questão.

A função objetiva definida pela equação (6.1.) e cujos valores de benefício e custo, para cada alternativa, foram descritos nas tabelas 7.7. e 7.8. respectivamente, fica assim formulada:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & (5,5 \times 763,27 - 3.864,00) \times X_{1,1} + (4,5 \times 763,27 - 3.864,00) \times X_{1,2} + (3,5 \times \\ & 763,27 - 3.864,00) \times X_{1,3} + (2,5 \times 763,27 - 3.864,00) \times X_{1,4} + (1,5 \times 763,27 - 3.864,00) \times \\ & X_{1,5} + 0,5 \times 763,27 - 3.864,00) \times X_{1,6} + (5,5 \times 41,93 - 3.864,00) \times X_{2,1} + (4,5 \times 41,93 - \\ & 3.864,00) \times X_{2,2} + (3,5 \times 41,93 - 3.864,00) \times X_{2,3} + (2,5 \times 41,93 - 3.864,00) \times X_{2,4} + (1,5 \\ & \times 41,93 - 3.864,00) \times X_{2,5} + 0,5 \times 41,63 - 3.864,00) \times X_{2,6} + 5,5 \times 253,29 - 3.864,00) \times \\ & X_{3,1} + 4,5 \times 253,29 - 3.864,00) \times X_{3,2} + (3,5 \times 253,29 - 3.864,00) \times X_{3,3} + (2,5 \times 253,29 \\ & - 3.864,00) \times X_{3,4} + (1,5 \times 253,29 - 3.864,00) \times X_{3,5} + (0,5 \times 253,29 - 3.864,00) \times X_{3,6} + \\ & (5,5 \times 1.286,13 - 3.864,00) \times X_{4,1} + (4,5 \times 1.286,13 - 3.864,00) \times X_{4,2} + (3,5 \times 1.286,13 - \\ & 3.864,00) \times X_{4,3} + (2,5 \times 1.286,13 - 3.864,00) \times X_{4,4} + (1,5 \times 1.286,13 - 3.864,00) \times X_{4,5} \\ & + (0,5 \times 1.286,13 - 3.864,00) \times X_{4,6} + 5,5 \times 74,71 \times X_{5,1} + 4,5 \times 74,71 \times X_{5,2} + 3,5 \times \\ & 74,71 \times X_{5,3} + 2,5 \times 74,71 \times X_{5,4} + 1,5 \times 74,71 \times X_{5,5} + (0,5 \times 74,71 - 1.932,00) \times X_{5,6} + \\ & (5,5 \times 1.453,20 - 1.932,00) \times X_{6,1} + (4,5 \times 1.453,20 - 1.932,00) \times X_{6,2} + (3,5 \times 1.453,20 - \\ & 1.932,00) \times X_{6,3} + (2,5 \times 1.453,20 - 1.932,00) \times X_{6,4} + (1,5 \times 1.453,20 - 1.932,00) \times X_{6,5} \\ & + (0,5 \times 1.453,20 - 1.932,00) \times X_{6,6} + (5,5 \times 344,23 - 3.864,00) \times X_{7,1} + (4,5 \times 344,23 - \\ & 3.864,00) \times X_{7,2} + (3,5 \times 344,23 - 3.864,00) \times X_{7,3} + (2,5 \times 344,23 - 3.864,00) \times X_{7,4} + \\ & (1,5 \times 344,23 - 3.864,00) \times X_{7,5} + (0,5 \times 344,23 - 3.864,00) \times X_{7,6} + (5,5 \times 3.012,04 - \\ & 1.932,00) \times X_{8,1} + (4,5 \times 3.012,04 - 1.932,00) \times X_{8,2} + (3,5 \times 3.012,04 - 1.932,00) \times X_{8,3} \\ & + (2,5 \times 3.012,04 - 1.932,00) \times X_{8,4} + (1,5 \times 3.012,04 - 1.932,00) \times X_{8,5} + (0,5 \times \\ & 3.012,04 - 1.932,00) \times X_{8,6} + (5,5 \times 559,51 - 1.932,00) \times X_{9,1} + (4,5 \times 559,51 - 1.932,00) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times X_{9,2} + (3,5 \times 559,51 - 1.932,00) \times X_{9,3} + (2,5 \times 559,51 - 1.932,00) \times X_{9,4} + (1,5 \times \\
& 559,51 - 1.932,00) \times X_{9,5} + (0,5 \times 559,51 - 1.932,00) \times X_{9,6} + (5,5 \times 549,18 - 3.864,00) \times \\
& X_{10,1} + (4,5 \times 549,18 - 3.864,00) \times X_{10,2} + (3,5 \times 549,18 - 3.864,00) \times X_{10,3} + (2,5 \times \\
& 549,18 - 3.864,00) \times X_{10,4} + (1,5 \times 549,18 - 3.864,00) \times X_{10,5} + (0,5 \times 549,18 - \\
& 3.864,00) \times X_{10,6} + (5,5 \times 100,83 - 3.864,00) \times X_{11,1} + (4,5 \times 100,83 - 3.864,00) \times X_{11,2} \\
& + (3,5 \times 100,83 - 3.864,00) \times X_{11,3} + (2,5 \times 100,83 - 3.864,00) \times X_{11,4} + (1,5 \times 100,83 - \\
& 3.864,00) \times X_{11,5} + (0,5 \times 100,83 - 3.864,00) \times X_{11,6} + (5,5 \times 1.373,89 - 2.253,00) \times \\
& X_{12,1} + (4,5 \times 1.373,89 - 2.253,00) \times X_{12,2} + (3,5 \times 1.373,89 - 2.253,00) \times X_{12,3} + (2,5 \times \\
& 1.373,89 - 2.253,00) \times X_{12,4} + (1,5 \times 1.373,89 - 2.253,00) \times X_{12,5} + (0,5 \times 1.373,89 - \\
& 2.253,00) \times X_{12,6} + (5,5 \times 1.677,18 - 1.352,16) \times X_{13,1} + (4,5 \times 1.677,18 - 1.352,16) \times \\
& X_{13,2} + (3,5 \times 1.677,18 - 1.352,16) \times X_{13,3} + (2,5 \times 1.677,18 - 1.352,16) \times X_{13,4} + (1,5 \times \\
& 1.677,18 - 1.352,16) \times X_{13,5} + (0,5 \times 1.677,18 - 1.352,16) \times X_{13,6} + (5,5 \times 353,29 - \\
& 1.141,92) \times X_{14,1} + (4,5 \times 353,29 - 1.141,92) \times X_{14,2} + (3,5 \times 353,29 - 1.141,92) \times X_{14,3} \\
& + (2,5 \times 353,29 - 1.141,92) \times X_{14,4} + (1,5 \times 353,29 - 1.141,92) \times X_{14,5} + (0,5 \times 353,29 - \\
& 1.141,92) \times X_{14,6} + (5,5 \times 1.527,27 - 3.605,76) \times X_{15,1} + (4,5 \times 1.527,27 - 1.141,92) \times \\
& X_{15,2} + (3,5 \times 1.527,27 - 1.141,92) \times X_{15,3} + (2,5 \times 1.527,27 - 1.141,92) \times X_{15,4} + (1,5 \times \\
& 1.527,27 - 1.141,92) \times X_{15,5} + (0,5 \times 1.527,27 - 1.141,92) \times X_{15,6} + (5,5 \times 78,64 - \\
& 871,20) \times X_{16,1} + (4,5 \times 78,64 - 871,20) \times X_{16,2} + (3,5 \times 78,64 - 871,20) \times X_{16,3} + (2,5 \times \\
& 78,64 \times X_{16,4} + (1,5 \times 78,64 - 871,20) \times X_{16,5} + (0,5 \times 78,64 - 871,20) \times X_{16,6} + (5,5 \times \\
& 1.274,74 - 2.704,32) \times X_{17,1} + (4,5 \times 1.274,74 - 2.704,32) \times X_{17,2} + (3,5 \times 1.274,74 - \\
& 2.704,32) \times X_{17,3} + (2,5 \times 1.274,74 - 2.704,32) \times X_{17,4} + (1,5 \times 1.274,74 - 2.704,32) \times \\
& X_{17,5} + (0,5 \times 1.274,74 - 2.704,32) \times X_{17,6} + (5,5 \times 408,77 - 1.802,88) \times X_{18,1} + (4,5 \times \\
& 408,77 - 1.802,88) \times X_{18,2} + (3,5 \times 408,77 - 1.802,88) \times X_{18,3} + (2,5 \times 408,77 - 1.802,88) \\
& \times X_{18,4} + (1,5 \times 408,77 - 1.802,88) \times X_{18,5} + (0,5 \times 408,77 - 1.802,88) \times X_{18,6} + (5,5 \times \\
& 3.170,57 - 600,00) \times X_{19,1} + (4,5 \times 3.170,57 - 600,00) \times X_{19,2} + (3,5 \times 3.170,57 - \\
& 600,00) \times X_{19,3} + (2,5 \times 3.170,57 - 600,00) \times X_{19,4} + (1,5 \times 3.170,57 - 600,00) \times X_{19,5} + \\
& (0,5 \times 3.170,57 \times X_{19,6} + (5,5 \times 559,51 - 1.201,92) \times X_{20,1} + (4,5 \times 559,51 - 1.201,92) \times \\
& X_{20,2} + (3,5 \times 559,51 - 1.201,92) \times X_{20,3} + (2,5 \times 559,51 - 1.201,92) \times X_{20,4} + (1,5 \times \\
& 559,51 - 1.201,92) \times X_{20,5} + (0,5 \times 559,51 \times - 1.201,92) X_{20,6} + (5,5 \times 652,15 - \\
& 1.522,56) \times X_{21,1} + (4,5 \times 652,15 - 1.522,56) \times X_{21,2} + (3,5 \times 652,15 - 1.522,56) \times X_{21,3} \\
& + (2,5 \times 652,15 - 1.522,56) \times X_{21,4} + (1,5 \times 652,15 - 1.522,56) \times X_{21,5} + (0,5 \times 652,15 - \\
& 1.522,56) \times X_{21,6} + (5,5 \times 100,83 - 1.802,88) \times X_{22,1} + (4,5 \times 100,83 - 1.802,88) \times X_{22,2} \\
& + (3,5 \times 100,83 - 1.802,88) \times X_{22,3} + (2,5 \times 100,83 - 1.802,88) \times X_{22,4} + (1,5 \times 100,83 - \\
& 1.802,88) \times X_{22,5} + (0,5 \times 100,83 - 1.802,88) \times X_{22,6}
\end{aligned}$$

As restrições definidas pelas equações (6.2.), (6.3.) e (6.4), são formuladas como segue:

## 1. Restrições de Recursos:

De acordo com os custos de implementação de cada alternativa, apresentados na tabela 7.8., estas restrições impõem que em cada período não seja excedido o limite disponível de caixa (disponibilidade orçamentária).

$$3.864,00 \times X_{1,1} + 3.864,00 \times X_{2,1} + 3.864,00 \times X_{3,1} + 3.864,00 \times X_{4,1} + 1.932,00 \times X_{5,1} + 3.864,00 \times X_{6,1} + 3.864,00 \times X_{7,1} + 1.932,00 \times X_{8,1} + 1.932,00 \times X_{9,1} + 3.864,00 \times X_{10,1} + 3.864,00 \times X_{11,1} + 2.253,00 \times X_{12,1} + 1.352,16 \times X_{13,1} + 1.141,92 \times X_{14,1} + 3.605,76 \times X_{15,1} + 871,20 \times X_{16,1} + 2.704,32 \times X_{17,1} + 1.802,88 \times X_{18,1} + 600,00 \times X_{19,1} + 1.201,92 \times X_{20,1} + 1.522,56 \times X_{21,1} + 1.802,88 \times X_{22,1} \leq \text{Orçamento no primeiro período}$$

$$3.864,00 \times X_{1,2} + 3.864,00 \times X_{2,2} + 3.864,00 \times X_{3,2} + 3.864,00 \times X_{4,2} + 1.932,00 \times X_{5,2} + 3.864,00 \times X_{6,2} + 3.864,00 \times X_{7,2} + 1.932,00 \times X_{8,2} + 1.932,00 \times X_{9,2} + 3.864,00 \times X_{10,2} + 3.864,00 \times X_{11,2} + 2.253,00 \times X_{12,2} + 1.352,16 \times X_{13,2} + 1.141,92 \times X_{14,2} + 3.605,76 \times X_{15,2} + 871,20 \times X_{16,2} + 2.704,32 \times X_{17,2} + 1.802,88 \times X_{18,2} + 600,00 \times X_{19,2} + 1.201,92 \times X_{20,2} + 1.522,56 \times X_{21,2} + 1.802,88 \times X_{22,2} \leq \text{Orçamento no segundo período}$$

$$3.864,00 \times X_{1,3} + 3.864,00 \times X_{2,3} + 3.864,00 \times X_{3,3} + 3.864,00 \times X_{4,3} + 1.932,00 \times X_{5,3} + 3.864,00 \times X_{6,3} + 3.864,00 \times X_{7,3} + 1.932,00 \times X_{8,3} + 1.932,00 \times X_{9,3} + 3.864,00 \times X_{10,3} + 3.864,00 \times X_{11,3} + 2.253,00 \times X_{12,3} + 1.352,16 \times X_{13,3} + 1.141,92 \times X_{14,3} + 3.605,76 \times X_{15,3} + 871,20 \times X_{16,3} + 2.704,32 \times X_{17,3} + 1.802,88 \times X_{18,3} + 600,00 \times X_{19,3} + 1.201,92 \times X_{20,3} + 1.522,56 \times X_{21,3} + 1.802,88 \times X_{22,3} \leq \text{Orçamento no terceiro período}$$

$$3.864,00 \times X_{1,4} + 3.864,00 \times X_{2,4} + 3.864,00 \times X_{3,4} + 3.864,00 \times X_{4,4} + 1.932,00 \times X_{5,4} + 3.864,00 \times X_{6,4} + 3.864,00 \times X_{7,4} + 1.932,00 \times X_{8,4} + 1.932,00 \times X_{9,4} + 3.864,00 \times X_{10,4} + 3.864,00 \times X_{11,4} + 2.253,00 \times X_{12,4} + 1.352,16 \times X_{13,4} + 1.141,92 \times X_{14,4} + 3.605,76 \times X_{15,4} + 871,20 \times X_{16,4} + 2.704,32 \times X_{17,4} + 1.802,88 \times X_{18,4} + 600,00 \times X_{19,4} + 1.201,92 \times X_{20,4} + 1.522,56 \times X_{21,4} + 1.802,88 \times X_{22,4} \leq \text{Orçamento no quarto período}$$

$$3.864,00 \times X_{1,5} + 3.864,00 \times X_{2,5} + 3.864,00 \times X_{3,5} + 3.864,00 \times X_{4,5} + 1.932,00 \times X_{5,5} + 3.864,00 \times X_{6,5} + 3.864,00 \times X_{7,5} + 1.932,00 \times X_{8,5} + 1.932,00 \times X_{9,5} + 3.864,00 \times X_{10,5} + 3.864,00 \times X_{11,5} + 2.253,00 \times X_{12,5} + 1.352,16 \times X_{13,5} + 1.141,92 \times X_{14,5} + 3.605,76 \times X_{15,5} + 871,20 \times X_{16,5} + 2.704,32 \times X_{17,5} + 1.802,88 \times X_{18,5} + 600,00 \times X_{19,5} + 1.201,92 \times X_{20,5} + 1.522,56 \times X_{21,5} + 1.802,88 \times X_{22,5} \leq \text{Orçamento no quinto período}$$

$$3.864,00 \times X_{1,6} + 3.864,00 \times X_{2,6} + 3.864,00 \times X_{3,6} + 3.864,00 \times X_{4,6} + 1.932,00 \times X_{5,6} + 3.864,00 \times X_{6,6} + 3.864,00 \times X_{7,6} + 1.932,00 \times X_{8,6} + 1.932,00 \times X_{9,6} + 3.864,00 \times X_{10,6} + 3.864,00 \times X_{11,6} + 2.253,00 \times X_{12,6} + 1.352,16 \times X_{13,6} + 1.141,92 \times X_{14,6} + 3.605,76 \times X_{15,6} + 871,20 \times X_{16,6} + 2.704,32 \times X_{17,6} + 1.802,88 \times X_{18,6} + 600,00 \times X_{19,6} + 1.201,92 \times X_{20,6} + 1.522,56 \times X_{21,6} + 1.802,88 \times X_{22,6} \leq \text{Orçamento no sexto período}$$

## 2. Restrições de Compromisso:

Estas restrições, em conjunto com a programação binária, apenas garantem que a alternativa só pode ser implantada de forma integral, em um único período. Estando o custo da alternativa considerado de forma global em um único período, os benefícios dos períodos subsequentes à implantação são automaticamente obtidos.

$$X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{1,4} + X_{1,5} + X_{1,6} \leq 1$$

$$X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{2,5} + X_{2,6} \leq 1$$

$$X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{3,4} + X_{3,5} + X_{3,6} \leq 1$$

$$X_{4,1} + X_{4,2} + X_{4,3} + X_{4,4} + X_{4,5} + X_{4,6} \leq 1$$

$$X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{5,4} + X_{5,5} + X_{5,6} \leq 1$$

$$X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{6,4} + X_{6,5} + X_{6,6} \leq 1$$

$$X_{7,1} + X_{7,2} + X_{7,3} + X_{7,4} + X_{7,5} + X_{7,6} \leq 1$$

$$X_{8,1} + X_{8,2} + X_{8,3} + X_{8,4} + X_{8,5} + X_{8,6} \leq 1$$

$$X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} + X_{9,6} \leq 1$$

$$X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} + X_{10,6} \leq 1$$

$$X_{11,1} + X_{11,2} + X_{11,3} + X_{11,4} + X_{11,5} + X_{11,6} \leq 1$$

$$X_{12,1} + X_{12,2} + X_{12,3} + X_{12,4} + X_{12,5} + X_{12,6} \leq 1$$

$$X_{13,1} + X_{13,2} + X_{13,3} + X_{13,4} + X_{13,5} + X_{13,6} \leq 1$$

$$X_{14,1} + X_{14,2} + X_{14,3} + X_{14,4} + X_{14,5} + X_{14,6} \leq 1$$

$$X_{15,1} + X_{15,2} + X_{15,3} + X_{15,4} + X_{15,5} + X_{15,6} \leq 1$$

$$X_{16,1} + X_{16,2} + X_{16,3} + X_{16,4} + X_{16,5} + X_{16,6} \leq 1$$

$$X_{17,1} + X_{17,2} + X_{17,3} + X_{17,4} + X_{17,5} + X_{17,6} \leq 1$$

$$X_{18,1} + X_{18,2} + X_{18,3} + X_{18,4} + X_{18,5} + X_{18,6} \leq 1$$

$$X_{19,1} + X_{19,2} + X_{19,3} + X_{19,4} + X_{19,5} + X_{19,6} \leq 1$$

$$X_{20,1} + X_{20,2} + X_{20,3} + X_{20,4} + X_{20,5} + X_{20,6} \leq 1$$

$$X_{21,1} + X_{21,2} + X_{21,3} + X_{21,4} + X_{21,5} + X_{21,6} \leq 1$$

$$X_{22,1} + X_{22,2} + X_{22,3} + X_{22,4} + X_{22,5} + X_{22,6} \leq 1$$

### 3. Restrições de Risco:

a) Individuais (para cada grupo de problemas): O risco para cada situação particular representa, neste estudo de caso, a probabilidade (identificada na tabela 7.2.) de que em cada saída do ônibus ocorra um problema do tipo  $K = 1, 2, \dots, 11$ .

$$[5,83 - 5,83 (14,29 \times X_{1,1} + 14,29 \times X_{1,2} + 14,29 \times X_{1,3} + 14,29 \times X_{1,4} + 14,29 \times X_{1,5} + 14,29 \times X_{1,6} + 25,71 \times X_{12,1} + 25,71 \times X_{12,2} + 25,71 \times X_{12,3} + 25,71 \times X_{12,4} + 25,71 \times X_{12,5} + 25,71 \times X_{12,6})] - \text{Nível de risco admitido para problemas de carroceria e assessorios(NR1)} \leq 0$$

$$[6,83 - 6,83 (1,22 \times X_{2,1} + 1,22 \times X_{2,2} + 1,22 \times X_{2,3} + 1,22 \times X_{2,4} + 1,22 \times X_{2,5} + 1,22 \times X_{2,6} + 48,78 \times X_{13,1} + 48,78 \times X_{13,2} + 48,78 \times X_{13,3} + 48,78 \times X_{13,4} + 48,78 \times X_{13,5} + 48,78 \times X_{13,6})] - \text{Nível de risco admitido para problemas no sistema elétrico (NR2)} \leq 0$$

$$[0,30 - 0,30 (48,50 \times X_{3,1} + 48,50 \times X_{3,2} + 48,50 \times X_{3,3} + 48,50 \times X_{3,4} + 48,50 \times X_{3,5} + 48,50 \times X_{3,6} + 48,50 \times X_{14,1} + 48,50 \times X_{14,2} + 48,50 \times X_{14,3} + 48,50 \times X_{14,4} + 48,50 \times X_{14,5} + 48,50 \times X_{14,6})] - \text{Nível de risco admitido para problemas no sistema de suspensão(NR3)} \leq 0$$

$$[2,18 - 2,18 (27,43 \times X_{4,1} + 27,43 \times X_{4,2} + 27,43 \times X_{4,3} + 27,43 \times X_{4,4} + 27,43 \times X_{4,5} + 27,43 \times X_{4,6} + 32,57 \times X_{15,1} + 32,57 \times X_{15,2} + 32,57 \times X_{15,3} + 32,57 \times X_{15,4} + 32,57 \times X_{15,5} + 32,57 \times X_{15,6})] - \text{Nível de risco admitido para problemas no motor(NR4)} \leq 0$$

$$[0,44 - 0,44 (43,85 \times X_{5,1} + 43,85 \times X_{5,2} + 43,85 \times X_{5,3} + 43,85 \times X_{5,4} + 43,85 \times X_{5,5} + 43,85 \times X_{5,6} + 46,15 \times X_{16,1} + 46,15 \times X_{16,2} + 46,15 \times X_{16,3} + 46,15 \times X_{16,4} + 46,15 \times X_{16,5} + 46,15 \times X_{16,6})] - \text{Nível de risco admitido para problemas no sistema de refrigeração(NR5)} \leq 0$$

$[8,39 - 8,39 (24,36 \times X_{6,1} + 24,36 \times X_{6,2} + 24,36 \times X_{6,3} + 24,36 \times X_{6,4} + 24,36 \times X_{6,5} + 24,36 \times X_{6,6} + 25,64 \times X_{17,1} + 25,64 \times X_{17,2} + 25,64 \times X_{17,3} + 25,64 \times X_{17,4} + 25,64 \times X_{17,5} + 25,64 \times X_{17,6})]$  - Nível de risco admitido para problemas no sistema de freios(NR6)  $\leq 0$

$[0,49 - 0,49 (44,34 \times X_{7,1} + 44,34 \times X_{7,2} + 44,34 \times X_{7,3} + 44,34 \times X_{7,4} + 44,34 \times X_{7,5} + 44,34 \times X_{7,6} + 52,66 \times X_{18,1} + 52,66 \times X_{18,2} + 52,66 \times X_{18,3} + 52,66 \times X_{18,4} + 52,66 \times X_{18,5} + 52,66 \times X_{18,6})]$  - Nível de risco admitido para problemas na caixa(NR7)  $\leq 0$

$[1,27 - 1,27 (31,67 \times X_{8,1} + 31,67 \times X_{8,2} + 31,67 \times X_{8,3} + 31,67 \times X_{8,4} + 31,67 \times X_{8,5} + 31,67 \times X_{8,6} + 33,33 \times X_{19,1} + 33,33 \times X_{19,2} + 33,33 \times X_{19,3} + 33,33 \times X_{19,4} + 33,33 \times X_{19,5} + 33,33 \times X_{19,6})]$  - Nível de risco admitido para problemas de pneus(NR8)  $\leq 0$

$[3,01 - 3,01 (25,00 \times X_{9,1} + 25,00 \times X_{9,2} + 25,00 \times X_{9,3} + 25,00 \times X_{9,4} + 25,00 \times X_{9,5} + 25,00 \times X_{9,6} + 25,00 \times X_{20,1} + 25,00 \times X_{20,2} + 25,00 \times X_{20,3} + 25,00 \times X_{20,4} + 25,00 \times X_{20,5} + 25,00 \times X_{20,6})]$  - Nível de risco admitido para problemas no sistema de embreagem(NR9)  $\leq 0$

$[1,04 - 1,04 (22,86 \times X_{10,1} + 22,86 \times X_{10,2} + 22,86 \times X_{10,3} + 22,86 \times X_{10,4} + 22,86 \times X_{10,5} + 22,86 \times X_{10,6} + 27,14 \times X_{21,1} + 27,14 \times X_{21,2} + 27,14 \times X_{21,3} + 27,14 \times X_{21,4} + 27,14 \times X_{21,5} + 27,14 \times X_{21,6})]$  - Nível de risco admitido para problemas no diferencial(NR10)  $\leq 0$

$[1,29 - 1,29 (30,00 \times X_{11,1} + 30,00 \times X_{11,2} + 30,00 \times X_{11,3} + 30,00 \times X_{11,4} + 30,00 \times X_{11,5} + 30,00 \times X_{11,6} + 30,00 \times X_{22,1} + 30,00 \times X_{22,2} + 30,00 \times X_{22,3} + 30,00 \times X_{22,4} + 30,00 \times X_{22,5} + 30,00 \times X_{22,6})]$  - Nível de risco admitido no sistema de direção(NR11)  $\leq 0$

b) Global: Esta restrição representa o nível de risco global admitido em cada saída do ônibus, devido à probabilidade de ocorrência de qualquer um dos problemas  $K = 1, 2, \dots, 11$ .

$$(NR1) + (NR2) + (NR3) + (NR4) + (NR5) + (NR6) + (NR7) + (NR8) + (NR9) + (NR10) + (NR11) \leq NRG$$

Além destas restrições considera-se ainda as restrições de programação inteira binária, onde o decisor  $X_{i,j}$  assume apenas valores 0 ou 1, conforme as equações (6.5.) e (6.6.), e  $NR_k$  é real positivo conforme a equação (6.7.)

#### 7.4. RESULTADOS OBTIDOS

Para proceder a validação do modelo proposto no capítulo seis e analisar os dados descritos neste capítulo, utilizou-se o *software "GAMS"*.

Como a implementação ou não das alternativas depende dos limites de recursos disponíveis a cada período e do nível global de risco admissível, para os grupos de problemas em conjunto, foram realizadas simulações variando estes valores limites.

Com estas variações torna-se possível estabelecer a fronteira eficiente dentre as possíveis soluções, em termos de rentabilidade.

A fronteira eficiente, neste caso, delimita o conjunto de soluções ótimas, ou seja, a disponibilidade de recursos ótima que, a um dado nível global de risco admissível, proporcione uma rentabilidade mais eficiente para o investimento.

Para o problema em estudo foram realizadas vinte e uma simulações, diferenciadas pela forma de aplicação dos recursos, variando para cada uma delas os limites de risco global admissível. Com o intuito de facilitar a análise do modelo e discussão dos resultados, estas simulações foram agrupadas em três grupos distintos, em função da forma com que os recursos financeiros são colocados à disposição no horizonte de planejamento.

Desta forma os três grupos de simulações foram assim subdivididos:

**1º GRUPO)** Disponibilidade de um orçamento total de R\$ 60.000,00 em um único período;

**2º GRUPO)** Aplicação de todos os recursos disponíveis no primeiro período;

**3º GRUPO)** Aplicação dos recursos disponíveis em parcelas iguais em todos os períodos.

Dentro de cada um destes grupos, variando-se a disponibilidade orçamentária e nível global de risco, as simulações individuais geraram através do *GAMS*, os valores de lucro líquido, custo das alternativas selecionadas e ainda, a identificação destas alternativas. Aplicando a equação (6.8.), determinou-se os níveis ótimos de rentabilidade para cada orçamento em função do nível global de risco. Quando o resultado da variável maximizada foi negativo, aplicou-se a equação (6.9.) para determinar a medida de prejuízo.

Todos os resultados, para cada simulação, encontram-se nos apêndices I, II e III.

#### 7.4.1. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 1º GRUPO - ORÇAMENTO DE R\$ 60.000,00 APLICADO EM UM ÚNICO PERÍODO

Neste caso, como o horizonte de planejamento considerado foi de um ano, com períodos bimestrais, ficam delineadas seis situações distintas, podendo o orçamento ser aplicado para cada situação em um dos períodos bimestrais.

Desta forma, as simulações realizadas para este grupo ficam assim discriminadas:

**SIMULAÇÃO 1)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 2)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 2º período;

**SIMULAÇÃO 3)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 3º período;

**SIMULAÇÃO 4)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 4º período;

**SIMULAÇÃO 5)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 5º período; e

**SIMULAÇÃO 6)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 6º período.

Os resultados obtidos, transcritos no apêndice I, foram plotados, resultando nas figuras 7.2. e 7.3., que representam os gráficos lucro líquido *versus* nível global de risco e rentabilidade *versus* nível global de risco respectivamente.

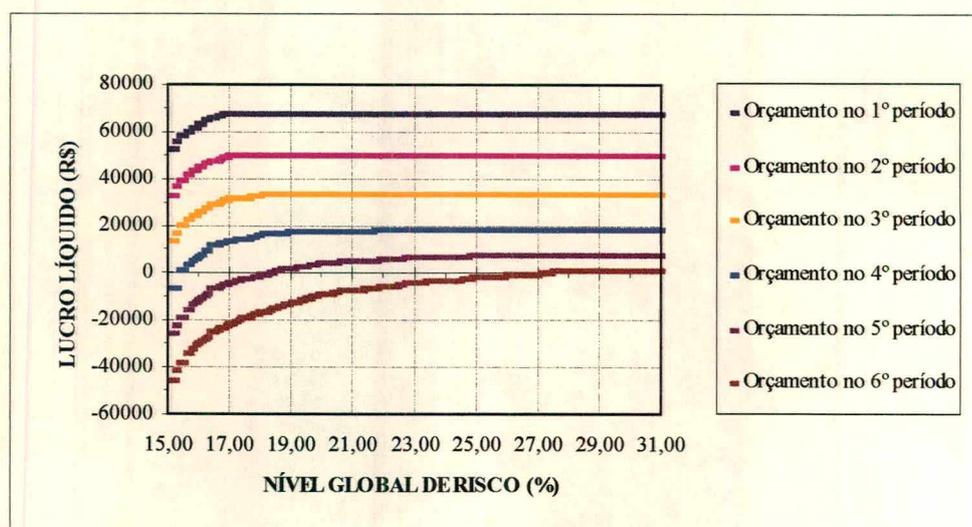


Figura 7.2. - Lucro Líquido para orçamento de R\$ 60.000,00 disponível em um único período

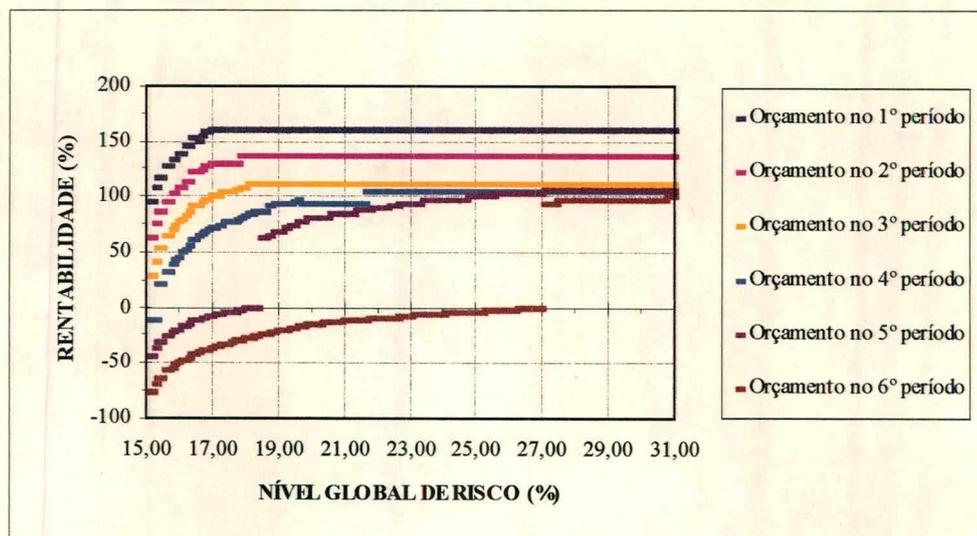


Figura 7.3. - Rentabilidade para orçamento de R\$ 60.000,00 disponível em um único período

Pela análise gráfica, pode-se observar que tanto no que diz respeito ao lucro líquido quanto à rentabilidade, a política de investir no primeiro período é preponderante sobre as demais, como era o esperado. Já que os benefícios são periódicos e o horizonte de planejamento considerado foi de um ano, quanto antes for implantada a alternativa maior será a margem líquida e maior também a rentabilidade.

Esta análise serve para demonstrar uma peculiaridade do modelo, visto que na verdade, as alternativas implantadas nos últimos períodos poderão trazer benefícios subsequentes. Porém, na análise econômico-financeira é necessário fixar-se um horizonte de planejamento e elaborar estratégias de investimentos em função do mesmo. Neste caso, quanto antes as alternativas são implementadas maior será o retorno.

Quanto à fronteira eficiente de rentabilidade fica claro, pelos motivos expostos, que a mesma é identificada pelos pontos referentes ao orçamento aplicado no primeiro período.

Observa-se ainda que para os orçamentos aplicados no quarto, quinto e sexto período o lucro líquido passa a partir de certo ponto a ser negativo. A medida de rentabilidade passa a ser definida não mais pela equação (6.8.) mas pela definição da equação (6.9.), medindo assim em quanto incide o prejuízo com relação ao capital disponível. Apesar de ser possível atender a todas as restrições de nível admissível de risco, as soluções ficam restritas a déficits financeiros.

A análise considerando outros valores de orçamento disponível, de acordo com este grupo, seria similar a descrita.

#### 7.4.2. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 2º GRUPO - APLICAÇÃO DE TODOS OS RECURSOS DISPONÍVEIS NO PRIMEIRO PERÍODO

Neste grupo o orçamento é sempre aplicado no primeiro período do horizonte de planejamento, sendo que nos demais períodos os recursos disponíveis são nulos. As alternativas, então, são implementadas sempre no primeiro período.

Para este grupo foram realizadas nove simulações com orçamentos distintos, a saber:

**SIMULAÇÃO 7)** Orçamento de R\$ 10.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 8)** Orçamento de R\$ 12.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 9)** Orçamento de R\$ 15.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 10)** Orçamento de R\$ 18.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 11)** Orçamento de R\$ 20.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 12)** Orçamento de R\$ 30.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 13)** Orçamento de R\$ 40.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 14)** Orçamento de R\$ 50.000,00 disponível no 1º período;

**SIMULAÇÃO 15)** Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 1º período;

O apêndice II apresenta os resultados destas simulações.

A figura 7.4. representa o lucro líquido *versus* nível global de risco e a figura 7.5. a rentabilidade *versus* nível global de risco juntamente com a fronteira eficiente para esta situação.

Pela figura 7.5. observa-se que para os maiores orçamentos simulados têm-se uma menor rentabilidade. Neste caso, a aplicação de orçamentos mais elevados seria a mais viável apenas para se atingir níveis inferiores de risco global.

Porém, a figura 7.4. que representa o lucro líquido demonstra o contrário, isto indica como seria enganosa a análise realizada apenas em termos de margem líquida, sem considerar a remuneração real do capital empregado.

Desta forma, é importante aqui, a análise dos dois métodos em conjunto.

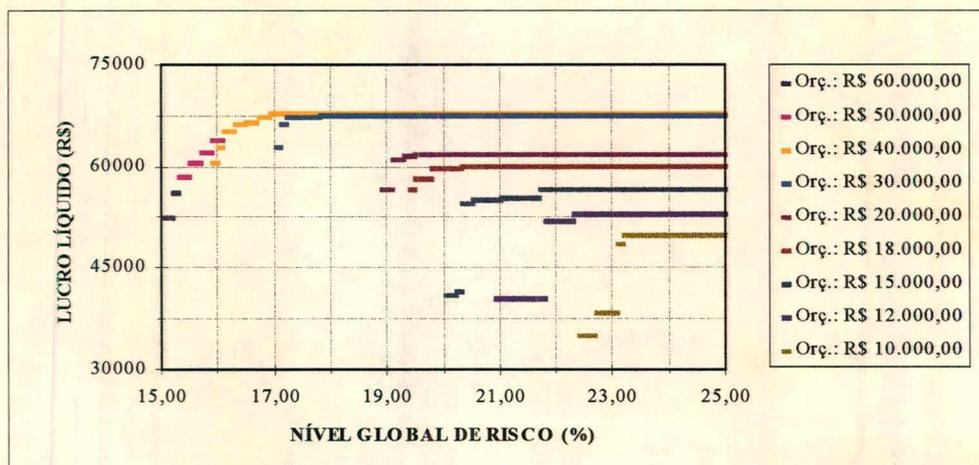


Figura 7.4. - Lucro líquido para os orçamentos aplicados no primeiro período

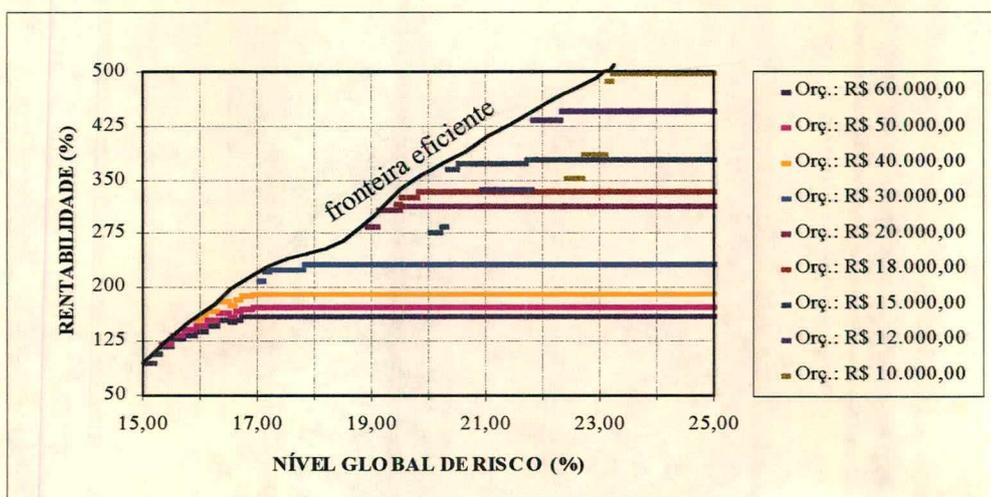


Figura 7.5. - Rentabilidade e fronteira eficiente para os orçamentos aplicados no primeiro período

Se a rentabilidade para um orçamento maior é superior a de um orçamento menor, fica claro que deve-se optar pela primeira opção sempre que existir disponibilidade orçamentária. Todavia, se a situação é inversa, ou seja, a rentabilidade de um orçamento menor for superior a do orçamento maior, é interessante que seja analisado também, o aspecto lucro obtido. Se a possibilidade de se investir em projetos fora dos analisados remunera a uma taxa menor do que a menor aqui obtida, poderia ser vantajoso optar-se pelo orçamento maior, mesmo que sua rentabilidade seja menor, caso a remuneração final do capital excedente seja superior a de outros investimentos.

### 7.4.3. ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DO 3º GRUPO - APLICAÇÃO DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM PARCELAS IGUAIS EM TODOS OS PERÍODOS

Para este grupo foram realizadas seis simulações. Cada uma delas com orçamentos diferentes, distribuídos igualmente desde o primeiro até o sexto período.

Para possibilitar conjecturas com relação ao grupo anterior, fixou-se os orçamentos totais a serem rateados nos períodos, com valores próximos aos orçamentos estipulados naquele grupo.

Assim, os orçamentos estipulados para este grupo, definiram as seguintes simulações:

**SIMULAÇÃO 16)** Orçamentos periódicos de R\$ 1.700,00 (total: R\$ 10.200,00)

**SIMULAÇÃO 17)** Orçamentos periódicos de R\$ 3.350,00 (total: R\$ 20.100,00)

**SIMULAÇÃO 18)** Orçamentos periódicos de R\$ 5.000,00 (total: R\$ 30.000,00)

**SIMULAÇÃO 19)** Orçamentos periódicos de R\$ 6.700,00 (total: R\$ 40.200,00)

**SIMULAÇÃO 20)** Orçamentos periódicos de R\$ 8.350,00 (total: R\$ 50.100,00)

**SIMULAÇÃO 21)** Orçamentos periódicos de R\$ 10.000,00 (total: R\$ 60.000,00)

As figuras 7.6. e 7.7. representam os resultados constantes do apêndice III.

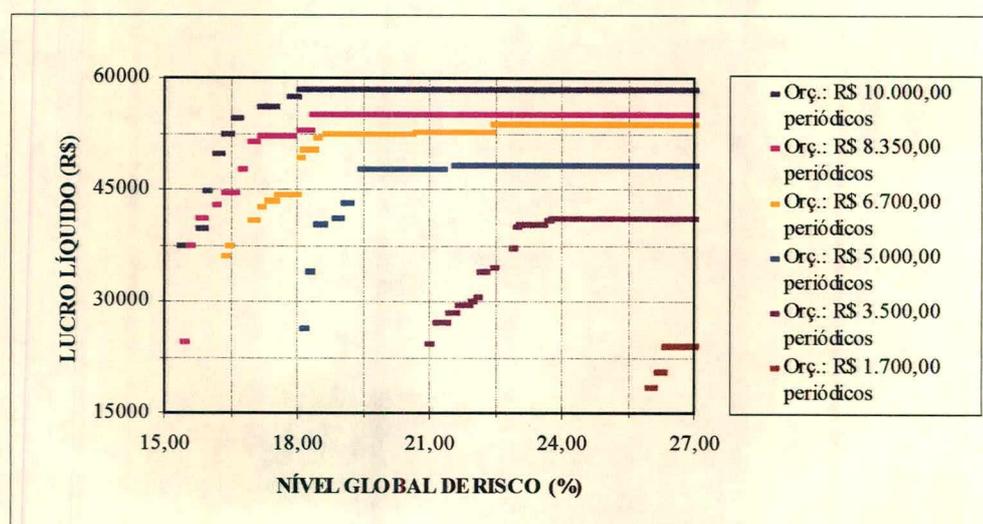


Figura 7.6. - Lucro líquido para orçamentos distribuídos nos seis períodos

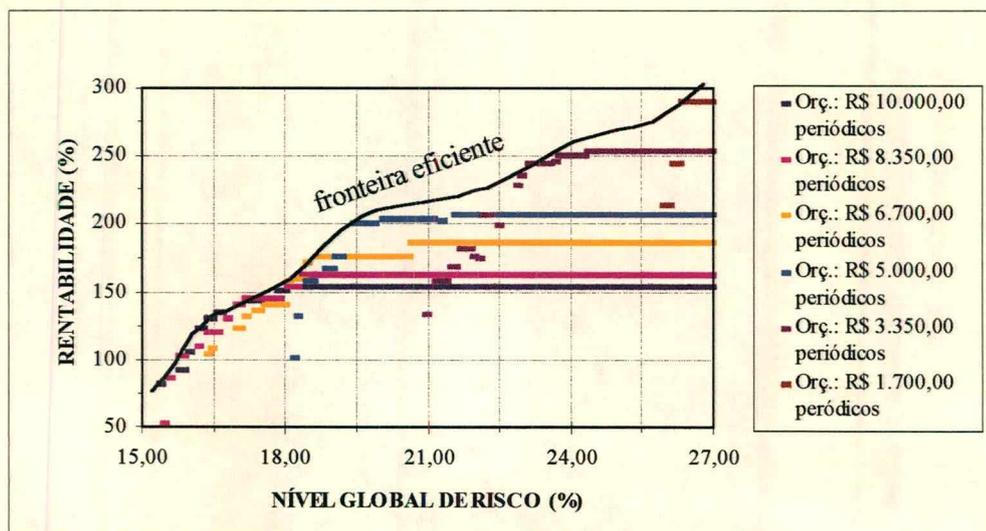


Figura 7.7. - Rentabilidade e fronteira eficiente para orçamentos distribuídos nos seis períodos

Pelos valores de rentabilidade e lucro líquido observados nos gráficos, identifica-se a mesma tendência das simulações realizadas no grupo dois. A rentabilidade tende a crescer para orçamentos menores, ocorrendo o inverso com o lucro líquido. Também neste caso, a análise deve ser realizada por ambos os resultados: lucro líquido e rentabilidade, avaliando se poderia ser vantajoso aplicar a uma rentabilidade menor quando esta é indicador dos orçamentos maiores, caso a remuneração em outros investimentos fosse menor.

#### 7.4.4. COMPARAÇÕES ENTRE AS SIMULAÇÕES DO 2º E 3º GRUPOS

Com os resultados obtidos pelas simulações dos itens 7.4.2. e 7.4.3. é possível tecer alguns comentários e comparações, já que os orçamentos totais considerados são praticamente os mesmos, ou seja, se no segundo grupo os orçamentos foram considerados no primeiro período, no terceiro grupo, estes orçamentos foram rateados igualmente entre todos os períodos.

A figura 7.8. representa as fronteiras eficientes para o segundo e terceiro grupos de simulações.

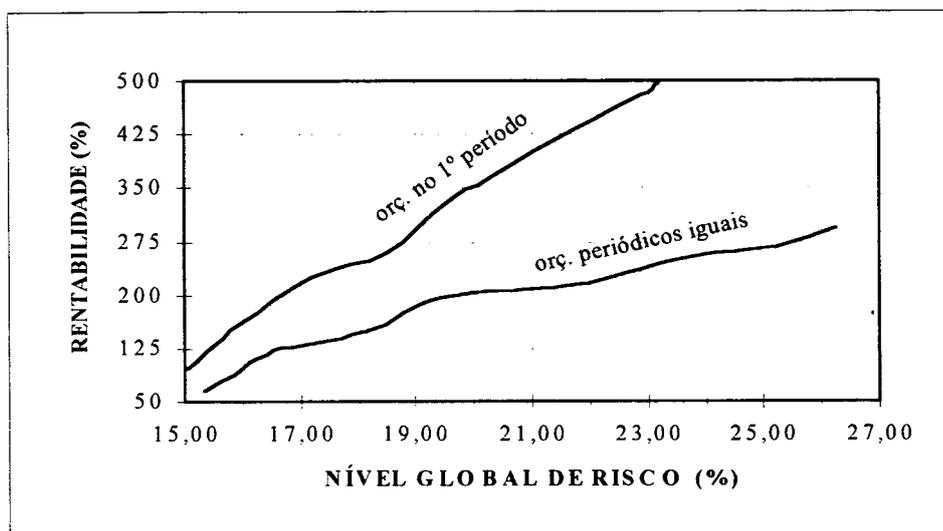


Figura 7.8. - Comparação entre as fronteiras eficientes de orçamentos periódicos *versus* orçamento no primeiro período

Assim, analisando o gráfico da figura 7.8., pode-se observar que a fronteira eficiente para os orçamentos totais disponíveis já no primeiro período é totalmente dominante a destes orçamentos distribuídos igualmente entre os seis períodos, e ainda, que a primeira apresenta uma variação mais linear do que a segunda. Para esta constatação existe uma explicação bastante lógica, já que estando o orçamento disponível em um único período e considerando-se que as alternativas levam em conta o aspecto de integralidade (programação binária, ou são implementadas na sua totalidade em um período ou não o são), esta situação permite maior maleabilidade quanto a alocação dos recursos.

---

## **CAPÍTULO VIII**

---

# **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

*"O papel gerencial de liderar e guiar a empresa em um mundo incerto é um dos mais importantes em nossa sociedade."  
Edmund R. Gray apud Gustavo G. Boog (1991)*

<b>8.1. CONCLUSÕES .....</b>	<b>122</b>
<b>8.2. RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>123</b>

## 8.1. CONCLUSÕES

A utilização de modelos matemáticos para analisar e selecionar projetos de investimentos, a mais de três décadas, vem auxiliando os decisores a melhor compreender o potencial econômico e estratégico que estes representam para suas organizações. Na área de segurança do trabalho, no entanto, raras são as aplicações realizadas apesar do potencial de projetos nesta área ser igualmente imenso, não se justificando tal lacuna a menos da problemática da consideração do risco, que usualmente é analisado através de uma função quadrática, o que causa certas dificuldades matemáticas para sua apreciação.

O presente trabalho desenvolveu, assim, um modelo de programação linear inteira, valendo-se do *software GAMS*, para analisar e selecionar dentre um portfólio de projetos aqueles que constituem sua fronteira eficiente. Esta refere-se ao conjunto de alternativas de projetos que dominam todas as demais possíveis combinações em termos de, para um dado orçamento apresentem um retorno com o mínimo risco de trabalho possível ou, de forma equivalente, para um dado nível de risco apresentem o maior retorno possível.

A abordagem proposta procura assim, a compreensão da área de segurança como sendo uma área de elevado potencial competitivo para as organizações, ao contrário do modo em que é muitas vezes apresentada, como uma área de indigência. A consciência preventiva é, no entanto, o primeiro passo para a redução de perdas, sejam elas físicas, morais ou financeiras, e por si só já trazem resultados satisfatórios. Aliando a esta conscientização as técnicas específicas de gerenciamento de riscos e modelos de análise, seleção e otimização, o resultado é uma fonte de geração de alternativas de aperfeiçoamentos competitivos para a organização.

O modelo sugerido para a seleção de alternativas e a alocação de recursos não é um fim per si, mas um meio para auxiliar os decisores a melhor compreenderem seu problema e assim possam encontrar as soluções que globalmente melhor atendam aos interesses da empresa.

O modelo matemático proposto é bastante completo e versátil, pois possui uma grande maleabilidade para representar os diferentes fatores que usualmente estão disponíveis em termos de dados, mas em paralelo alerta para a conveniência de organizar-se para coletar dados adicionais para melhor fundamentar o conhecimento do assunto. Conforme afirma Lord Kelvin(1867) *apud* OLIVEIRA (1991), “se não soubermos medir as coisas sobre as quais estamos falando de maneira a associar números

às nossas afirmações, é porque o nosso conhecimento ainda é precário e de má qualidade”.

A metodologia de gerenciamento de riscos de trabalho e investimentos proposta, mostrou-se de grande valia, não só para o controle e compreensão dos riscos, mas também, e principalmente, para a maximização do retorno econômico-financeiro das organizações, permitindo uma visão mais abrangente e integrada do problema. Apesar de não considerar-se fatores subjetivos de análise, tais como: motivação dos colaboradores, geração de valor corporativo, *status*, impacto ambiental, reconhecimento da sociedade e clientes, dentre outros, cuja importância e repercussão é possivelmente equivalente aos fatores econômico-financeiros considerados, o modelo já permitiu avaliar seu potencial de apoio ao processo decisório.

O relevante, no entanto, é compreender que a metodologia proposta pode em muito contribuir para o bem estar econômico-financeiro das organizações e ainda gerar melhores condições de trabalho e de vida para a sociedade como um todo, ao mesmo tempo que aumenta a competitividade da organização.

## 8.2. RECOMENDAÇÕES

- ♦ Na aplicação prática de modelos matemáticos em geral, direcionados à área econômica e financeira de instituições públicas ou privadas, deve existir vontade política e comprometimento, principalmente da administração superior, com o trabalho realizado, para que o mesmo não se torne moroso e ineficaz.

- ♦ Utilizar modelos multicritério para avaliar fatores qualitativos, principalmente relacionados aos aspectos humanos e sociais da segurança do trabalho.

- ♦ Sugerir uma proposta de um programa logístico, para levantamento dos dados, coerente com o gerenciamento de riscos proposto a cada situação.

- ♦ Aplicar a outras áreas o modelo proposto, considerando sempre as especificidades de cada uma.

- ♦ Ampliar o modelo, considerando o interrelacionamento entre as diversas alternativas, utilizando técnicas de programação dinâmica.

- ♦ Utilizar algoritmo genético para agilizar o processo de execução do modelo em problemas maiores e mais complexos.

- ♦ Aplicar a programação linear fracionária e técnicas de envelopamento de dados (DEA) como ferramentas de controle e prevenção de acidentes, medindo a posição relativa de unidades em termos de eficiência, permitindo uma melhor visualização das empresas que logram maior êxito no aspecto segurança.

- ♦ Realizar um *benchmarking* entre as empresas em estudo pelo DEA e utilizar a técnica do *brainstorming* para a descoberta de ações gerenciais pertinentes para assegurar um bom desempenho na redução e eliminação de acidentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. **Risk: Analysis assessment and management.** England: John Wiley & Sons Ltda., 1992. 220p. ISBN 0-471-93464-X.
- ARRUDA, Henrique Furtado. **Proteção contra incêndios e explosões. Apostila de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.** Florianópolis: FEESC, 1994.
- BASTIAS, Hernán Henríquez. **Introducción a la ingeniería de prevención de pérdidas.** São Paulo: Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, 1977. 290p.
- BASTIAS, Hernán Henríquez. Engenharia de prevenção de perdas. **Saúde Ocupacional e Segurança**, São Paulo, v.11, n.1, p.9-26, 1976.
- BIRD JR., Frank. **Management guide to loss control.** Georgia, Institut Press, 1974. 243p.
- BOOG, Gustavo G. **O desafio da competência: como sobreviver em um mercado cada vez mais seletivo e preparar sua empresa para o próximo milênio.** São Paulo, Editora Best Seller, 1991.
- BROWN, David B. Safety investment allocation by dynamic programming. **AIEE Transactions**, v.5, n.3, p.245-249, september 1973.
- DE CICCIO, Francesco. Engenharia de confiabilidade e análise de riscos. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.17, n.66, abr./mai./jun., 1989.
- DE CICCIO, Francesco. Custo de acidentes. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.12, n.45, jan./fev./mar., 1984.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. **Introdução à engenharia de segurança de sistemas.** 3 ed. São Paulo: Fundacentro, 1993. 113p.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. **Prevenção e controle de perdas - uma abordagem integrada.** São Paulo: Fundacentro, 1986. 46p.

- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. Os riscos empresariais e a gerência de riscos. **Revista Proteção - Suplemento especial n.1**, Novo Hamburgo, n.27, fevereiro/março, 1994a.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e análise de riscos. **Revista Proteção - Suplemento especial n.2**, Novo Hamburgo, n.28, abril, 1994b.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e análise de riscos II. **Revista Proteção - Suplemento especial n.3**, Novo Hamburgo, n.29, maio, 1994c.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e análise de riscos III. **Revista Proteção - Suplemento especial n.4**, Novo Hamburgo, n.30, junho, 1994d.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. Financiamento de riscos. **Revista Proteção - Suplemento especial n.6**, Novo Hamburgo, n.32, agosto, 1994e.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. A prevenção e controle de perdas através da engenharia de segurança de sistemas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.7, n.28, p.39-42, dezembro, 1979.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. A engenharia de prevenção de perdas (segurança de sistemas). **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.5, n.17, p. 23-29, jan. / fev. / mar. , 1977.
- ESTEVEZ, Alan da Silva. **Análise de riscos**. Curso de confiabilidade para gerentes - COCECON. Petrobrás: (198-?). 42p.
- FARBER, José Henrique. **Análise de riscos - dicas de como organizar um trabalho preventivo na empresa**. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, v.4, n.16, abr./mai., 1992.
- FARBER, José Henrique. Implantação de um programa de prevenção e controle de perdas. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.6, n.22, p.24-26, 2o. trimestre, 1991.
- FERNÁNDEZ, Frank E. Control total de pérdidas. **Noticias de Seguridad**, v.34, n.4, abril/mayo, 1972.
- GARCÍA, Francisco Martínez. Los riesgos en la empresa moderna. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.44, p.25-36, 1994a.

- GARCÍA, Francisco Martínez. Economía de los riesgos personales en la empresa. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.46, p.31-43, 1994b.
- HAMMER, Willie. **Product Safety Management and Engineering**. Prentice -Hall, Englewood Cliffs - NJ, USA, 2.ed., 1993, 324 p.
- HEMÉRITAS, Ademar Batista. **Organização e normas**. São Paulo, Atlas, p.89-104, 1981.
- HENLEY, Ernest J., KUMAMOTO, Hiromitsu. **Reliability engineering and risk assessment**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1981.566p.ISBN-0-13-772251-6
- HERBERT, A.J. The economic management of risk. **Australian Safety News**, Melbourne, v.47, n.6, p.34-36, nov./dez., 1976.
- IIDA, Itiro. Novas abordagens em segurança do trabalho. **Produção**, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.63-73, março, 1991.
- JACKSON, Norma e CARTER, Pippa. The perception of risk. In.: ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. **Risk: analysis assessment and management**. England: John Wiley & Sons Ltda., 1992. 220p. ISBN 0-471-93464-X.
- KLETZ, Trevor. **A eliminação dos riscos oriundos dos processos**. Tradução e adaptação de André Leite Alckmin. São Paulo: APCI, RODHIA S.A., 1984?. 35 p.
- LEE, W.S.; GROSH,D.L.; TILLMAN, F.A. e LIE, C.H. Fault tree analysis, methods, and applications - a review. **AIEE Transactions on Reliability**, R34, n.3, p.194-203, august 1985.
- MACHER, César. **Aspectos humanos, sociais e econômicos da engenharia**. In: Curso para engenheiros de segurança do trabalho. São Paulo: Fundacentro, v.1, p.5-8, 1981.
- MARTHA, Geraldo Bueno. **Introdução à segurança e medicina do trabalho**. In: SAAD, Eduardo Gabriel. Introdução a engenharia de segurança do trabalho: textos básicos para estudantes de engenharia. São Paulo: Fundacentro, p.21-27, 1981.
- MARTÍNEZ, Miguel Angel Martínez. El Controling de la gerencia de riesgos. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.45, p.23-30, 1994.
- NOGUEIRA, Diogo Pupo. **Histórico**. In: Curso para engenheiros de segurança do trabalho. São Paulo: Fundacentro, v.1, p.9-15, 1981.

- OLIVEIRA, Maria Cecília, MAKARON, Ofélia M. Simões de M. **Análise de árvore de falhas**. Coordenação: AWAZU, Luís Antônio Mello. São Paulo: CETESB, 1987. 21p.
- OLIVEIRA, Wilson Barbosa. **Programas de segurança baseados na prevenção e controle de perdas**. Curso de segurança, saúde e meio ambiente - CURSSAMA. Petrofértil: setembro, 1991.
- SELL, Ingeborg. Gerenciamento de riscos. **Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Florianópolis: FEESC, 1995.
- SETTEMBRINO, François. Riesgos puros frente a riesgos especulativos. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.46, p.9-19, 1994.
- SOTO, José Manoel Gama. O problema dos acidentes do trabalho e a política prevencionista no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.6, n.21, p. 23-28, jan./fev./mar., 1978.

## BIBLIOGRAFIA

---

- AALTONEN, Markku, SÖDERQVIST, Anders. Cost of accidents in the furniture industry - a Nordic study. **Scandinavian Journal Work Environment & Health**, v.14, p.103-104, 1988.
- ALVES, José Luiz Lopes, GIL, Luiz Roberto Pinto. Segurança de Processos - experiência na Rhodia traz vantagens no controle dos riscos de acidentes. **Proteção**, São Paulo, v.5, n.22, abr./mai., 1993.
- ASHRAFI, Noushin, BERMAN, Oded. Optimization models for selection of programs, considering cost & reliability. **IEEE Transactions on Reliability**, v.41, n.2, p.281-287, june, 1992.
- AWAZU, Luis Antônio de Mello. Introdução à análise de riscos. **Transparências de palestra**. Petrobrás, 1989.
- BARWICK, J.S. Damage diagnosis the cost. **Australian Safety News**, Melbourne, v.45, n.1, p.14-18, january/february, 1974.
- BATtelle Columbus Division for the Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. **Guidelines for hazard evaluation procedures**. 1. ed. New York: AIChE, 1985, 162 p.
- BELLI, Fevzi, JEDRZEJOWICZ, Piotr. Fault-tolerance programs and their reliability. **IEEE Transactions on Reliability**, v.39, n.2, p.184-192, june, 1990.
- BENSIALI, A.K., BOOTH, R.T., GLENDON, A.I. Models for problem - solving in health and safety. **Safety Science**, n.15, p.183-205, 1992.
- BERNARDO, João, DELGADO, Rita. Acidentes de trabalho - contribuição para uma análise. **Revista de Administração de Empresas (RAE)**. Rio de Janeiro, 27(3), p.39-44, jul./set., 1987.
- BOOKER, Mick D. Safety audits. **Journal of Health and Safety**. British Health and Safety Society, n.4, p.21-28, abril, 1990.
- BROWN, David B. Cost/Benefit of safety investment using fault tree analysis. **Journal of Safety Research**, v.5, n.2, p.73-81, june, 1973.

- BROWN, David B. A computerized algorithm for determining the reliability of redundant configurations. **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-20, n.3, p.121-124, august, 1971.
- CARDOSO, Olga Regina. Introdução à engenharia de segurança do trabalho. **Apostila de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Florianópolis: FEESC, 1994.
- CHESHIRE, Keith. Cost factors in accident prevention. **Protection**, London, v.11, n.2, p.15-17, february, 1974.
- COBOS, Claudio López. Temporal delimitation of coverage. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.4, p.4-7, 1993.
- COLE, Mitchell J. Da tradição à estratégia. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.5, n.18, p.8-14, maio/junho, 1990.
- COX, Joe W. **Riscos profissionais**. In: Curso para engenheiros de segurança do trabalho. São Paulo: Fundacentro, v.1, p.151-159, 1981.
- DAVIS, Frank. The high cost of accidents at work. **Australian Safety News**, Melbourne, v.47, n.1, p.21-30, jan./fev., 1976.
- DE CICCIO, Francesco. Gerenciamento de riscos: uma abordagem eficaz para a otimização de despesas com seguros. **Revista CIPA**. São Paulo, v.15, n.172, p.68-69, 1994.
- DE CICCIO, Francesco. Gerência de riscos: ampliando conceitos. **Revista Proteção**, Novo Hamburgo, n.27, fev./mar., 1994.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. Avaliação de riscos. **Revista Proteção - Suplemento especial n.5**, Novo Hamburgo, n.31, julho, 1994.
- DE CICCIO, Francesco. O gerenciamento dos riscos empresariais nos anos 90. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.5, n.19, p.8-12, 3º. trimestre, 1990.
- DE CICCIO, Francesco, FANTAZZINI, Mario Luiz. Método para a determinação matemática de prioridades para o controle de riscos. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. São Paulo, v.10, n.37 e 38, jan. a set. 1982.

- ENSSLIN, Leonardo. Economia do trabalho. **Apostila de aula do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Florianópolis: FEESC, 1995.
- FERNANDES, Eda Conte, GUTIERREZ, Luiz Homero. Qualidade de vida no trabalho (QVT) - uma experiência brasileira. **Revista de Administração**, São Paulo, 23(4), p.29-38, out./dez., 1988.
- FERNANDEZ, Laureano Montenegro. Los accidentes de trabajo en España - tendencias en la prevención de riesgos profesionales. IV Seminário Brasil-España. **Saúde e Trabalho**, São Paulo, v.5, n.2, p.19-28, 1991.
- FILIPE, J. Análise de riscos na engenharia de segurança. **Saúde Ocupacional e Segurança**, São Paulo, v.21, n.2, p.64-73, 1986
- FLECK, Paulo Roberto. Um modelo para seleção de projetos e alocação de recursos sob condições de risco. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, v.1, p.224-238, São Paulo, novembro 1979.
- FREEMAN, N.T. Accident Costs - the factors. **Protection**, London, v.9, n.10, p.12-13, novembro, 1972.
- GONZÁLEZ, J.C. A gerência do risco jurídico. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.4, n.11, p.19-25, 1989.
- GREENE, Mark R. Decision analysis for risk management - a primer on quantitative methods. **A series of articles reprinted from Risk Management magazine**. New York: The Risk and Insurance Management Society, 1977, 32 p.
- GRESSEL, Michael G., GIDEON, James A. An overview of process evaluation techniques. **American Industrial Hygiene Association**, 52(4), abril, 1991.
- HESSIAN JR., Robert T., SALTER, Barbara B., GOODWIN, Edwin F. Fault-tree analysis for system design, development, modification, and verification. **IEEE Transactions on Reliability**, v.39, n.1, p.87-91, abril, 1990.
- JOLLER, J.M. Constructing fault-trees by stepwise refinement. **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-31, n.4, p.333-338, october, 1982.
- JONES-LEE, M.W. Sinistros Naturais: métodos para avaliação preventiva. **Saúde Ocupacional e Segurança**, São Paulo, v.21, n.2, 1986.

- KISS, Lidia. From fault-tree to fault-identification. **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-32, n.5, p.422-425, december, 1983.
- KITAJIMA, Hiroyuki. Probabilistic safety evaluation of dynamic hazard propagation. **IEEE Transactions on reliability**. v.R-35, n.1, april, 1986.
- LIO, Carmo. A ação interprofissional na prevenção dos acidentes do trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.7, n.27, p.75-83, jul./set., 1979.
- LOCKS, Mitchell O. Fault tree, prime implicants, and noncoherence (correspondence). **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-29, n.2, p.130-135, june, 1980.
- LOCKS, Mitchell O. Anomalies in interpreting fault tree. **IEEE Transactions on Reliability**, v.42, n.2, p.130-135, june, 1993.
- LUCCA, Sérgio Roberto De, FÁVERO, Manildo. Os acidentes do trabalho no Brasil - algumas implicações de ordem econômica, social e legal. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.22, n.81, p.7-14, jan./fev./mar., 1994.
- MARTÍNEZ, José Manuel Martínez. Análisis del mercado español de grandes riesgos. **Gerencia de Riesgos**, Fundacion MAPFRE Studios, v.11, n.44, p.9-36, 1993.
- MARTINEZ, Ricardo Monteiro. Un procedimiento para mejorar el factor humano dentro del sistema de la seguridad del trabajo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.21, n.78, p.51-56, abr./mai./jun., 1993.
- MINELLA, Luzinete Simões. Diferenças de enfoques sobre os acidentes de trabalho e suas contribuições teórico-metodológicas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.21, n.78, p.61-77, abr./mai./jun., 1993.
- MIRANDA, Geraldo Inácio Mac-Dowelol dos Passos. **Organização e métodos**. São Paulo: Atlas, p.145-151, 1986.
- MONTEIRO, Marcelo Afonso. Ações de governo - conscientização deve ser a principal missão dos órgãos governamentais. **Proteção**, Novo Hamburgo, v.4, n.16, p.43-44, abril/maio, 1992.
- MOREIRA, José Carlos Rodrigues. Importância e aplicações da engenharia de confiabilidade. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.4, n.11, p.13-18, 1989.
- NERTNEY, R.J. Practical application of system safety concepts. **Professional Safety**, New York, v.22, n.2, february, 1977.

- PADÃO, Márcio Elmor. O avanço da segurança. **Proteção**, Novo Hamburgo, v.2, n.10, p.55-57, jan./fev., 1991.
- PEREIRA, Carmem Lucia do Valle, SANTOS, Luciana Mara dos. **Abordagem sistêmica da segurança e um estudo multicaso**. Florianópolis, 1994. Monografia - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.
- PHAM, Hoang, UPADHYAYA, Shambhu. Reliability analysis of a class of fault-tolerant systems. **IEEE Transactions on Reliability**, v.38, n.3, p.333-337, august, 1989.
- POLIDO, Antonio Walter. Responsabilidade civil: é possível gerenciar este risco? **Gerência de Riscos**, São Paulo, v.4, n.13, p.26-28, jul./ago., 1989.
- RAAFAT, Hanim. Risk assessment and machinery safety. **Journal of Health and Safety**. British Health and Safety Society, n.4, p.28-45, abril, 1990.
- REIS, Jorge Santos. **Comunicação, cadastro e estatística de acidentes**. In: SAAD, Eduardo Gabriel. Introdução a engenharia de segurança do trabalho: textos básicos para estudantes de engenharia. São Paulo: Fundacentro, p.31-40, 1981.
- REIS, Jorge Santos. **Conceituação, classificação, causas e consequências do acidente do trabalho**. In: Curso de supervisores de segurança: textos complementares. São Paulo: Fundacentro
- ROSENTHAL, Arnon. Decomposition methods for fault tree analysis. **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-29, n.2, p.136-140, june, 1980.
- SCHNEEWEISS, Winfrid. Fast fault-tree evaluation for many sets of input data. **IEEE Transactions on Reliability**, v.39, n.3, p.296-300, august, 1990.
- SETTI, José Luis. Paralelismo entre a teoria de Deming e a prevenção de acidentes. **Noticias de Seguridad**, p.16-20, março, 1992.
- SPELLMEIER, Luis Carlos. Segurança no trabalho associada à qualidade e à produtividade. **Revista CIPA**, São Paulo, n.167, 1993.
- TOOLA, Arja. **Safety analysis in conceptual design of process control**. ESPOO, 1992 - Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 117. 100 p. Tese de Doutorado.

- ULIANO, Artur. **Metodologia e análise de sistemas aplicada à prevenção de acidentes do trabalho**. Florianópolis, 1990. Monografia - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.
- U.S. Department of Labor , MSHA. **Job safety analysis**. Safety Manual n.5, Mine Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor. Revised 1991, 30 p.
- U.S. Department of Labor , MSHA. **Fault tree analysis**. Safety Manual n.8, Mine Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor. Revised 1991, 33 p.
- U.S. Department of Labor , MSHA. **Acident prevention**. Safety Manual n.10, Mine Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor. Revised 1991, 38 p.
- VELLOZO, Cesar augusto Gasparini. **Estudo da sequência de trabalho**. Maceió: EDUFAL, p.13-24, 1983.
- WILSON, J.M. Modularizing and minimizing fault trees. **IEEE Transactions on Reliability**, v.R-34, n.4, p.320-322, october, 1985.
- ZAMORA, Eduardo Pavelek. La asegurabilidad de los riesgos medioambientales. **Gerencia de Riesgos**, v.11, n.46, p.21-29, 1994.

## APÊNCICES

---

<b>APÊNDICE I</b> - Resultados das simulações do 1º grupo	
Orçamento de R\$ 60.000,00 aplicado em um único período .....	136
<b>APÊNDICE II</b> - Resultados das simulações do 2º grupo	
Aplicação de todos os recursos disponíveis no primeiro período .....	148
<b>APÊNDICE III</b> - Resultados das simulações do 3º grupo	
Aplicação dos recursos disponíveis em parcelas iguais em todos os períodos..	156
<b>APÊNDICE IV</b> - Implementação do modelo no <i>GAMS</i> .....	168

**APÊNDICE I**

**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO 1º GRUPO  
ORÇAMENTO DE R\$ 60.000,00 APLICADO EM  
UM ÚNICO PERÍODO**

## SIMULAÇÃO 1) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.566,60	52.316,85	94,5836	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	52.316,85	94,5836	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	55.950,24	107,0794	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	58.421,14	117,6376	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	58.421,14	117,6376	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	60.391,87	127,3621	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	60.391,87	127,3621	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,00	61.912,96	133,1183	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	42.042,00	61.912,96	133,1183	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	63.701,30	139,3178	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	40.110,60	63.701,30	139,3178	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	65.222,39	145,0730	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	38.178,60	65.222,39	145,0730	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	66.065,90	152,9188	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	66.065,90	152,9188	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	36.375,72	66.470,70	150,1583	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,60	33.443,40	66.504,58	155,1020	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	67.314,21	158,0042	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	32.511,72	67.314,21	158,0042	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	31.640,52	67.752,89	160,1873	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	31.640,52	67.752,89	160,1873	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

## SIMULAÇÃO 2) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 2º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.566,60	32.701,70	61,8918	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	32.701,70	61,8918	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	36.377,01	74,4574	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	39.101,20	85,4376	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	39.101,20	85,4376	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	41.416,16	95,7359	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	41.416,16	95,7359	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	43.011,96	101,6156	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	42.042,60	43.011,96	101,6156	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	44.826,42	107,8597	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	40.110,60	44.826,42	107,8597	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	46.422,22	113,7394	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	38.178,60	46.422,22	113,7394	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	47.814,91	122,5005	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	47.814,91	122,5005	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	34.314,60	47.814,91	122,5005	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	33.443,40	48.332,23	124,8147	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	49.164,05	127,7539	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	32.511,72	49.164,05	127,7539	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	31.640,52	49.681,37	130,0681	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	31.640,52	49.681,37	130,0681	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,70	31.640,52	49.681,37	130,0681	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,80	27.776,52	50.110,65	137,2236	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	27.776,52	50.110,65	137,2236	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

## SIMULAÇÃO 3) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 3º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS IMPLEMENTADAS
15,0332	55.566,60	13.086,04	29,1991	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	13.086,04	29,1991	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	16.803,28	41,8345	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	19.780,76	53,2369	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	19.780,76	53,2369	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	22.439,95	64,1089	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	22.439,95	64,1089	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	24.110,46	70,1131	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	40.110,60	24.381,82	73,7854	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	25.951,04	76,4007	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	26.052,33	79,7896	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	27.621,55	82,4049	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	36.246,60	27.892,91	86,0772	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	29.563,42	92,0814	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	29.563,42	92,0814	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	34.314,60	29.563,42	92,0814	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	33.443,40	30.159,38	94,5266	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	31.013,89	97,5036	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	32.511,72	31.013,89	97,5036	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	31.640,52	31.609,85	99,9489	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,00	31.640,52	31.609,85	99,9489	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,10	31.640,52	31.609,85	99,9489	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,20	29.837,64	31.982,03	103,5740	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
...	29.837,64	31.982,03	103,5740	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,50	29.837,64	31.982,03	103,5740	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,60	28.647,72	32.206,44	105,9312	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21

Continua ...

... Continuação da simulação 3

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS IMPLEMENTADAS
17,70	28.647,72	32.206,44	105,9312	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
17,80	27.776,52	32.802,40	108,3765	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,90	27.776,52	32.802,40	108,3765	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
18,00	25.973,64	33.174,58	112,0016	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
...	25.973,64	33.174,58	112,0016	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21

## SIMULAÇÃO 4) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 4º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.566,60	-6.527,80	-3,4907	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	-6.527,80	-3,4907	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	55.566,60	-6.527,80	-3,4907	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	462,14	21,0392	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	462,14	21,0392	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	3.465,56	32,4849	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	3.465,56	32,4849	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	5.210,78	38,6136	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	40.110,60	5.956,61	43,0767	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	7.077,48	44,9448	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	7.701,83	49,2054	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	8.822,70	51,0735	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	36.246,60	9.568,53	55,5366	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	11.313,75	61,6653	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	11.313,75	61,6653	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22

Continua ...

## ... Continuação da simulação 4

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,50	33.172,68	11.572,44	63,9996	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	32.511,72	12.094,70	65,9716	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	12.863,73	67,2534	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	31.640,52	13.538,33	69,8297	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	30.708,84	13.644,68	71,5597	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,00	30.708,84	13.644,68	71,5597	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,10	29.566,92	13.903,37	73,8941	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,20	29.837,64	14.319,28	74,1361	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,30	28.695,72	14.577,97	76,4704	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
17,40	28.695,72	14.577,97	76,4704	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
17,50	28.695,72	14.577,97	76,4704	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
17,60	28.647,72	14.819,55	76,9531	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,70	27.505,80	15.078,24	79,2874	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
17,80	26.844,84	15.600,50	81,2594	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
17,90	26.634,60	15.752,84	81,8637	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A18, A19, A20, A21
18,00	25.973,64	16.275,10	83,8358	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
18,10	25.973,64	16.275,10	83,8358	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
18,20	24.831,72	16.533,79	86,1701	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
...	24.831,72	16.533,79	86,1701	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,50	24.831,72	16.533,79	86,1701	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,60	22.109,64	16.923,77	91,3569	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,70	22.109,64	16.923,77	91,3569	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,80	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
...	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
19,30	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
19,40	20.177,64	17.456,99	95,4656	A6, A8, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
19,50	19.035,72	17.715,68	97,7999	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
19,60	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
...	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
21,50	20.967,72	17.182,46	93,6912	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
21,60	15.171,72	17.946,68	104,6249	A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
...	15.171,72	17.946,68	104,6249	A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21

## SIMULAÇÃO 5) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 5º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.556,60	-26.143,78	-43,5730	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.556,60	-26.143,78	-43,5730	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	-22.342,68	-37,2378	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	-18.858,62	-31,4310	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	-18.858,62	-31,4310	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	-15.510,97	-25,8516	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	-15.510,97	-25,8516	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	-13.691,04	-22,8184	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	40.110,60	-12.470,74	-20,7846	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	-11.798,22	-19,6637	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	-10.650,81	-17,7514	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	-9.978,29	-16,6305	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	36.246,60	-8.757,99	-14,5967	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	-6.938,06	-11,5634	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	-6.938,06	-11,5634	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	33.172,68	-6.326,08	-10,5435	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	32.511,72	-5.748,34	-9,5806	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	-5.286,43	-8,8107	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,80	31.640,52	-4.995,10	-8,3252	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21, A22
16,90	31.640,52	-4.533,19	-7,5553	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
17,00	30.708,84	-4.096,71	-6,8279	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,10	29.566,92	-3.484,73	-5,8079	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,20	29.837,64	-3.343,47	-5,5725	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,30	28.695,72	-2.731,49	-4,5525	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
17,40	28.695,72	-2.731,49	-4,5525	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
17,50	27.776,52	-2.598,39	-4,3307	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

Continua ...

## ... Continuação da simulação 5

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
17,60	26.844,84	-2.161,91	-3,6032	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,70	25.702,92	-1.549,93	-2,5832	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,80	26.844,84	-1.377,62	-2,2960	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,90	24.831,72	-796,69	-1,3278	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,00	25.973,64	-624,38	-1,0406	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,10	25.973,64	-624,38	-1,0406	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,20	24.831,72	-12,40	-0,0207	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,30	24.831,72	-12,40	-0,0207	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,40	22.980,84	557,18	62,6272	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21
18,50	22.770,60	732,68	63,2701	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A18, A19, A20, A21
18,60	22.109,64	1.310,42	65,3346	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,70	22.109,64	1.310,42	65,3346	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
18,80	20.967,72	1.922,40	68,2578	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,90	20.967,72	1.922,40	68,2578	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
19,00	20.967,72	1.922,40	68,2578	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
19,10	19.445,16	2.466,73	71,7026	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,20	19.445,16	2.466,73	71,7026	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,30	18.503,88	2.625,27	73,5357	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A17, A19, A20, A21
19,40	18.503,88	2.625,27	73,5357	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A17, A19, A20, A21
19,50	17.361,96	3.237,25	76,4588	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,60	17.361,96	3.237,25	76,4588	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,70	17.361,96	3.237,25	76,4588	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,80	15.839,40	3.781,58	79,9036	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
...	15.839,40	3.781,58	79,9036	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,10	15.839,40	3.781,58	79,9036	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,20	15.429,96	4.329,98	81,5000	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
20,30	15.429,96	4.329,98	81,5000	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
20,40	15.429,96	4.329,98	81,5000	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
20,50	13.907,40	4.874,31	84,9449	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	13.907,40	4.874,31	84,9449	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
21,20	13.907,40	4.874,31	84,9449	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
21,30	12.705,48	5.236,96	87,5525	A6, A8, A12, A13, A17, A19
...	12.705,48	5.236,96	87,5525	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,70	12.705,48	5.236,96	87,5525	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,80	11.975,40	5.465,78	89,1506	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
...	11.975,40	5.465,78	89,1506	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,20	11.975,40	5.465,78	89,1506	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,30	11.565,96	6.014,18	90,7470	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
22,40	11.565,96	6.014,18	90,7470	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
22,50	11.565,96	6.014,18	90,7470	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
22,60	10.043,40	6.558,51	94,1919	A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	10.043,40	6.558,51	94,1919	A8, A12, A13, A17, A19, A20
23,20	10.043,40	6.558,51	94,1919	A8, A12, A13, A17, A19, A20
23,30	8.841,48	6.921,16	96,7995	A8, A12, A13, A17, A19

Continua ...

... Continuação da simulação 5

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
...	8.841,48	6.921,16	96,7995	A8, A12, A13, A17, A19
24,60	8.841,48	6.921,16	96,7995	A8, A12, A13, A17, A19
24,70	7.339,08	7.350,72	100,0194	A8, A12, A13, A19, A20
...	7.339,08	7.350,72	100,0194	A8, A12, A13, A19, A20
25,40	7.339,08	7.350,72	100,0194	A8, A12, A13, A19, A20
25,50	6.137,16	7.313,37	101,9604	A8, A12, A13, A19
...	6.137,16	7.313,37	101,9604	A8, A12, A13, A19
26,90	6.137,16	7.313,37	101,9604	A8, A12, A13, A19
27,00	3.884,16	7.905,53	106,7023	A8, A13, A19
...	3.884,16	7.905,53	106,7023	A8, A13, A19

**SIMULAÇÃO 6) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 6º período**

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.566,60	-45.758,94	-76,2649	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	-45.758,94	-76,2649	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	-41.915,91	-69,8599	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	-38.178,56	-63,6309	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	-38.178,56	-63,6309	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	-34.486,68	-57,4778	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	-34.486,68	-57,4778	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	-32.592,04	-54,3201	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	40.110,60	-30.897,27	-51,4955	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	38.968,68	-29.932,00	-49,8867	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	-29.002,63	-48,3377	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	37.036,68	-28.037,36	-46,7289	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	26.246,60	-27.083,69	-45,1395	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	-25.189,05	-41,9818	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	-25.189,05	-41,9818	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22

Continua ...

## ... Continuação da simulação 6

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,50	33.172,68	-24.223,78	-40,3730	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	32.511,72	-23.590,56	-39,3176	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,70	32.301,48	-23.391,90	-38,9865	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,80	31.369,80	-22.625,29	-37,7088	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,90	30.450,60	-21.968,12	-36,6135	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
17,00	29.847,24	-21.428,81	-35,7147	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,10	29.556,92	-20.872,83	-34,7881	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,20	28.647,72	-20.369,63	-33,9494	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,30	27.505,80	-19.404,36	-32,3406	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,40	27.505,80	-19.404,36	-32,3406	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,50	27.125,16	-19.173,15	-31,9553	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,60	25.983,24	-18.207,88	-30,3465	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,70	25.702,92	-17.651,90	-29,4198	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A212
17,80	25.112,04	-17.376,00	-28,9600	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A22
17,90	24.831,72	-16.820,02	-28,0334	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,00	24.180,36	-16.455,42	-27,4257	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20
18,10	24.180,36	-16.455,42	-27,4257	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20
18,20	23.309,16	-15.623,54	-26,0392	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
18,30	22.377,48	-15.365,76	-25,6096	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A22
18,40	22.097,16	-14.809,78	-24,6830	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A210
18,50	21.506,28	-14.533,88	-24,2231	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A22
18,60	21.225,96	-13.977,90	-23,2965	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
18,70	20.574,60	-13.613,30	-22,6888	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
18,80	20.967,72	-13.337,66	-22,2294	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,90	19.703,40	-12.781,42	-21,3024	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,00	19.703,40	-12.781,42	-21,3024	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,10	19.445,16	-12.141,18	-20,2353	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,20	18.513,48	-11.883,40	-19,8057	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A22
19,30	18.233,16	-11.327,42	-18,8790	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A21
19,40	17.642,28	-11.051,52	-18,4192	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A22
19,50	17.361,96	-10.495,54	-17,4926	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A212
19,60	16.710,60	-10.130,94	-16,8849	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
19,70	16.710,60	-10.130,94	-16,8849	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
19,80	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
...	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,10	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,20	15.429,96	-8.843,30	-14,7388	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
20,30	14.778,60	-8.478,70	-14,1312	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,40	14.778,60	-8.478,70	-14,1312	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20

Continua ...

## ... Continuação da simulação 6

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
20,50	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
20,80	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
20,90	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
...	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,20	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,30	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
...	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,60	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,70	10.773,48	-6.298,68	-10,4978	A6, A12, A13, A17, A19
21,80	11.975,40	-6.161,66	-10,2694	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
21,90	11.975,40	-6.161,66	-10,2694	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,00	11.654,40	-6.080,77	-10,1346	A6, A8, A13, A17, A19, A20
22,10	11.654,40	-6.080,77	-10,1346	A6, A8, A13, A17, A19, A20
22,20	10.043,40	-5.735,68	-9,5595	A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,30	11.565,96	-5.705,90	-9,5098	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
22,40	10.914,60	-5.341,30	-8,9022	A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
22,50	10.914,60	-5.341,30	-8,9022	A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
22,60	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
22,90	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
23,00	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,10	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,20	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,30	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
...	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
23,60	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
23,70	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
...	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
24,00	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
24,10	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
...	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
24,40	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
24,50	5.858,40	-2.517,39	-4,1957	A13, A17, A19, A20
24,60	5.858,40	-2.517,39	-4,1957	A13, A17, A19, A20
24,70	7.339,08	-2.442,47	-4,0708	A8, A12, A13, A19, A20
24,80	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
24,90	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
25,00	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
25,10	5.407,08	-2.016,49	-3,3608	A12, A13, A19, A20
25,20	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19
25,30	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19
25,40	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19
25,50	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
...	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
25,80	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
25,90	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19
26,00	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19
26,10	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19

Continua ...

... Continuação da simulação 6

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
26,20	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
26,40	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
...	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
26,60	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
...	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
26,90	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
27,00	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
...	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
27,30	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
27,40	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
...	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
30,20	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
30,30	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
...	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
30,60	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
30,70	600,00	985,29	100,6422	A19
...	600,00	985,29	100,6422	A19

---

**APÊNDICE II**

---

**RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO 2º GRUPO  
APLICAÇÃO DE TODOS OS RECURSOS  
DISPONÍVEIS NO PRIMEIRO PERÍODO**

**SIMULAÇÃO 7) Orçamento de R\$ 10.000,00 disponível no 1º período**

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LIQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
22,30	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
22,40	9.722,00	35.021,21	352,9921	A6, A13,A17, A19, A20
22,50	9.722,00	35.021,21	352,9921	A6, A13,A17, A19, A20
22,60	9.722,00	35.021,21	352,9921	A6, A13,A17, A19, A20
22,70	9.633,96	38.260,28	386,2632	A12, A13, A17, A19, A20, A21
...	9.633,96	38.260,28	386,2632	A12, A13, A17, A19, A20, A21
23,00	9.633,96	38.260,28	386,2632	A12, A13, A17, A19, A20, A21
23,10	9.712,68	48.516,16	488,0348	A8, A12, A13, A16, A17, A19
23,20	9.983,40	49.756,02	497,7262	A8, A12, A13, A14, A17, A19
...	9.983,40	49.756,02	497,7262	A8, A12, A13, A14, A17, A19

**SIMULAÇÃO 8) Orçamento de R\$ 12.000,00 disponível no 1º período**

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
20,80	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
20,90	11.975,40	40.324,61	336,2434	A6, A12, A13, A17, A19, A20
...	11.975,40	40.324,61	336,2434	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,70	11.975,40	40.324,61	336,2434	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,80	11.975,40	51.975,54	433,3345	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
...	11.975,40	51.975,54	433,3345	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,20	11.975,40	51.975,54	433,3345	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,30	11.565,96	52.894,50	444,4045	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
...	11.565,96	52.894,50	444,4045	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21

**SIMULAÇÃO 9) Orçamento de R\$ 15.000,00 disponível no 1º período**

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
19,90	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
20,00	14.778,60	41.031,24	275,0176	A6, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,10	14.778,60	41.031,24	275,0176	A6, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,20	13.907,40	41.469,92	283,7501	A6, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,30	14.778,60	54.520,15	364,9437	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,40	14.778,60	54.520,15	364,9437	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,50	13.907,40	54.958,83	373,6762	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	13.907,40	54.958,83	373,6762	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
20,90	13.907,40	54.958,83	373,6762	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
21,00	14.228,04	55.147,71	372,7978	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A21
...	14.228,04	55.147,71	372,7978	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A21
21,60	14.228,04	55.147,71	372,7978	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A21
21,70	14.791,08	56.425,64	377,5637	A8, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20
...	14.791,08	56.425,64	377,5637	A8, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20

**SIMULAÇÃO 10)** Orçamento de R\$ 18.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
19,30	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
19,40	17.852,52	56.466,64	314,5229	A6, A8, A9, A12, A13, A14, A16, A17, A19, A20
19,50	17.361,96	58.168,41	326,7025	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,60	17.361,96	58.168,41	326,7025	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,70	17.361,96	58.168,41	326,7025	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
19,80	17.513,16	59.753,06	334,6661	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20
...	17.513,16	59.753,06	334,6661	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20
20,20	17.513,16	59.753,06	334,6661	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20
20,30	17.833,80	59.941,94	333,9341	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A21
...	17.833,80	59.941,94	333,9341	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A21

**SIMULAÇÃO 11)** Orçamento de R\$ 20.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
18,80	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
18,90	19.703,40	56.438,13	283,6737	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,00	19.703,40	56.438,13	283,6737	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,10	19.445,16	60.898,37	307,2661	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,20	19.445,16	60.898,37	307,2661	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,30	19.906,92	61.378,65	307,3587	A6, A8, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
19,40	19.906,92	61.378,65	307,3587	A6, A8, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
19,50	19.035,72	61.817,33	313,9081	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
...	19.035,72	61.817,33	313,9081	A6, A8, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21

**SIMULAÇÃO 12)** Orçamento de R\$ 30.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,90	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
17,00	29.847,24	62.755,09	209,6928	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,10	29.556,92	66.067,67	221,7025	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,20	29.837,64	67.307,53	224,8996	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
...	29.837,64	67.307,53	224,8996	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,70	29.837,64	67.307,53	224,8996	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A20, A21
17,80	27.776,52	67.418,90	232,1413	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	27.776,52	67.418,90	232,1413	A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

**SIMULAÇÃO 13)** Orçamento de R\$ 40.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,80	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
15,90	38.968,68	60.434,20	153,6638	A1,A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	62.756,47	161,4447	A1,A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	38.178,60	65.222,39	167,6095	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	38.178,60	65.222,39	167,6095	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	66.065,90	179,3783	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	66.065,90	179,3783	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	36.375,72	66.470,70	175,2375	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,60	33.443,40	66.504,58	182,6530	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	67.314,21	187,0062	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	32.511,72	67.314,21	187,0062	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	31.640,52	67.752,89	190,2809	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	31.640,52	67.752,89	190,2809	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

**SIMULAÇÃO 14)** Orçamento de R\$ 50.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,20	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
15,30	47.838,60	58.421,14	121,1651	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	58.421,14	121,1651	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	60.391,87	132,8345	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	60.391,87	132,8345	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,00	61.912,96	139,7419	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	42.042,00	61.912,96	139,7419	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	40.110,60	63.701,30	147,1814	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	40.110,60	63.701,30	147,1814	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22

Continua ...

## ... Continuação da simulação 14

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,10	38.178,60	65.222,39	154,0876	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,20	38.178,60	65.222,39	154,0876	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	66.065,90	163,5026	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	66.065,90	163,5026	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	36.375,72	66.470,70	160,1900	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,60	33.443,40	66.504,58	166,1224	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,70	32.511,72	67.314,21	169,6050	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,80	32.511,72	67.314,21	169,6050	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21
16,90	31.640,52	67.752,89	172,2247	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21
...	31.640,52	67.752,89	172,2247	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A17, A18, A19, A20, A21

## SIMULAÇÃO 15) Orçamento de R\$ 60.000,00 disponível no 1º período

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,0332	55.566,60	-45.758,94	-76,2649	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,10	55.566,60	-45.758,94	-76,2649	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,20	51.702,60	-41.915,91	-69,8599	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,30	47.838,60	-38.178,56	-63,6309	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,40	47.838,60	-38.178,56	-63,6309	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,50	43.974,60	-34.486,68	-57,4778	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,60	43.974,60	-34.486,68	-57,4778	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,70	42.042,60	-32.592,04	-54,3201	A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,80	40.110,60	-30.897,27	-51,4955	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
15,90	38.968,68	-29.932,00	-49,8867	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,00	38.178,60	-29.002,63	-48,3377	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,10	37.036,68	-28.037,36	-46,7289	A1, A4, A6, A8, A9, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22

Continua ...

... Continuação da simulação 15

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,20	26.246,60	-27.083,69	-45,1395	A1, A4, A5, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,30	34.314,60	-25.189,05	-41,9818	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,40	34.314,60	-25.189,05	-41,9818	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,50	33.172,68	-24.223,78	-40,3730	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,60	32.511,72	-23.590,56	-39,3176	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,70	32.301,48	-23.391,90	-38,9865	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A18, A19, A20, A21, A22
16,80	31.369,80	-22.625,29	-37,7088	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
16,90	30.450,60	-21.968,12	-36,6135	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22
17,00	29.847,24	-21.428,81	-35,7147	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,10	29.556,92	-20.872,83	-34,7881	A1, A4, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21
17,20	28.647,72	-20.369,63	-33,9494	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,30	27.505,80	-19.404,36	-32,3406	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,40	27.505,80	-19.404,36	-32,3406	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22
17,50	27.125,16	-19.173,15	-31,9553	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,60	25.983,24	-18.207,88	-30,3465	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A22
17,70	25.702,92	-17.651,90	-29,4198	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20, A212
17,80	25.112,04	-17.376,00	-28,9600	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A22
17,90	24.831,72	-16.820,02	-28,0334	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,00	24.180,36	-16.455,42	-27,4257	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20
18,10	24.180,36	-16.455,42	-27,4257	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A16, A17, A19, A20
18,20	23.309,16	-15.623,54	-26,0392	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
18,30	22.377,48	-15.365,76	-25,6096	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A22
18,40	22.097,16	-14.809,78	-24,6830	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A210
18,50	21.506,28	-14.533,88	-24,2231	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A22
18,60	21.225,96	-13.977,90	-23,2965	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A21
18,70	20.574,60	-13.613,30	-22,6888	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
18,80	20.967,72	-13.337,66	-22,2294	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20, A21
18,90	19.703,40	-12.781,42	-21,3024	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,00	19.703,40	-12.781,42	-21,3024	A1, A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
19,10	19.445,16	-12.141,18	-20,2353	A6, A8, A9, A12, A13, A15, A17, A19, A20
19,20	18.513,48	-11.883,40	-19,8057	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A22
19,30	18.233,16	-11.327,42	-18,8790	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20, A21
19,40	17.642,28	-11.051,52	-18,4192	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A22
19,50	17.361,96	-10.495,54	-17,4926	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20, A212
19,60	16.710,60	-10.130,94	-16,8849	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20
19,70	16.710,60	-10.130,94	-16,8849	A6, A8, A9, A12, A13, A16, A17, A19, A20

... Continua

... Continuação da simulação 15

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
19,80	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
...	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,10	15.839,40	-9.299,06	-15,4984	A6, A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
20,20	15.429,96	-8.843,30	-14,7388	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
20,30	14.778,60	-8.478,70	-14,1312	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,40	14.778,60	-8.478,70	-14,1312	A6, A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
20,50	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
20,80	13.907,40	-7.646,82	-12,7447	A6, A8, A12, A13, A17, A19, A20
20,90	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
...	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,20	11.975,40	-7.220,84	-12,0347	A6, A12, A13, A17, A19, A20
21,30	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
...	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,60	12.705,48	-6.724,66	-11,2078	A6, A8, A12, A13, A17, A19
21,70	10.773,48	-6.298,68	-10,4978	A6, A12, A13, A17, A19
21,80	11.975,40	-6.161,66	-10,2694	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
21,90	11.975,40	-6.161,66	-10,2694	A8, A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,00	11.654,40	-6.080,77	-10,1346	A6, A8, A13, A17, A19, A20
22,10	11.654,40	-6.080,77	-10,1346	A6, A8, A13, A17, A19, A20
22,20	10.043,40	-5.735,68	-9,5595	A9, A12, A13, A17, A19, A20
22,30	11.565,96	-5.705,90	-9,5098	A8, A12, A13, A17, A19, A20, A21
22,40	10.914,60	-5.341,30	-8,9022	A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
22,50	10.914,60	-5.341,30	-8,9022	A8, A12, A13, A16, A17, A19, A20
22,60	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
...	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
22,90	10.043,40	-4.509,42	-7,5157	A8, A12, A13, A17, A19, A20
23,00	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,10	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,20	8.111,40	-4.083,44	-6,8057	A12, A13, A17, A19, A20
23,30	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
...	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
23,60	8.841,48	-3.587,26	-5,9788	A8, A12, A13, A17, A19
23,70	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
...	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
24,00	6.909,48	-3.161,28	-5,2688	A12, A13, A17, A19
24,10	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
...	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
24,40	7.790,40	-2.943,37	-4,9056	A8, A13, A17, A19, A20
24,50	5.858,40	-2.517,39	-4,1957	A13, A17, A19, A20
24,60	5.858,40	-2.517,39	-4,1957	A13, A17, A19, A20
24,70	7.339,08	-2.442,47	-4,0708	A8, A12, A13, A19, A20
24,80	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
24,90	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
25,00	6.588,48	-2.021,21	-3,3687	A8, A13, A17, A19
25,10	5.407,08	-2.016,49	-3,3608	A12, A13, A19, A20
25,20	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19
25,30	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19
25,40	4.656,48	-1.595,23	-2,6587	A13, A17, A19

... Continua

... Continuação da simulação 15

NRG (%)	CUSTO (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
25,50	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
...	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
25,80	6.137,16	-1.520,31	-2,5339	A8, A12, A13, A19
25,90	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19
26,00	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19
26,10	4.205,16	-1.094,33	-1,8239	A12, A13, A19
26,20	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
26,40	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
...	5.086,08	-876,42	-1,4607	A8, A13, A19, A20
26,60	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
...	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
26,90	3.154,08	-450,44	-0,7507	A13, A19, A20
27,00	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
...	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
27,30	3.884,16	45,74	93,6026	A8, A13, A19
27,40	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
...	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
30,20	1.952,16	471,72	97,5326	A13, A19
30,30	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
...	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
30,60	2.532,00	559,31	96,7122	A8,A19
30,70	600,00	985,29	100,6422	A19
...	600,00	985,29	100,6422	A19

---

## **APÊNDICE III**

---

### **RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO 3º GRUPO APLICAÇÃO DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM PARCELAS IGUAIS EM TODOS OS PERÍODOS**

**SIMULAÇÃO 16) Orçamentos periódicos de R\$ 1.700,00 (total: R\$ 10.200,00)**

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO(R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
25,80	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
25,90	1º:1.471,20 2º:1.522,56 3º:1.201,92 4º:1.141,92 5º:1.352,16	6.689,76	18.309,26	213,9167	1º: A16, A19 2º: A21 3º: A20 4º: A14 5º: A13
26,00	1º:1.471,20 2º:1.522,56 3º:1.201,92 4º:1.141,92 5º:1.352,16	6.689,76	18.309,26	213,9167	1º: A16, A19 2º: A21 3º: A20 4º: A14 5º: A13
26,10	1º: 600,00 2º:1.201,92 3º:1.141,92 4º:1.352,16 5º:1.522,56	5.818,56	20.545,08	244,3776	1º: A19 2º: A20 3º: A14 4º: A13 5º: A21
26,20	1º: 600,00 2º:1.201,92 3º:1.141,92 4º:1.352,16 5º:1.522,56	5.818,56	20.545,08	244,3776	1º: A19 2º: A20 3º: A14 4º: A13 5º: A21
26,30	1º: 600,00 2º:1.352,16 3º:1.522,56 4º:1.201,92	4.676,64	23.990,12	289,3478	1º: A19 2º: A13 3º: A21 4º: A20
...	1º: 600,00 2º:1.352,16 3º:1.522,56 4º:1.201,92	4.676,64	23.990,12	289,3478	1º: A19 2º: A13 3º: A21 4º: A20

**SIMULAÇÃO 17) Orçamentos periódicos de R\$ 3.350,00 (total: R\$ 20.100,00)**

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
20,80	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
20,90	1º:3.264,48 2º:3.124,20 3º:2.704,32 4º:3.133,92 5º:3.155,04 6º:1.932,00	17.313,96	24.084,60	133,6848	1º: A14, A19, A21 2º: A12, A16 3º: A17 4º: A9, A20 5º: A13, A18 6º: A8
21,10	1º:3.094,08 2º:2.803,20 3º:2.704,32 4º:2.252,00 5º:2.724,48 6º:1.932,00	15.511,08	27.186,17	158,0850	1º: A13, A14, A19 2º: A9, A16 3º: A17 4º: A12 5º: A20, A21 6º: A8

Continua ...

... Continuação da simulação 17

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
21,20	1º:3.094,08 2º:2.803,20 3º:2.704,32 4º:2.252,00 5º:2.724,48 6º:1.932,00	15.511,08	27.186,17	158,0850	1º: A13, A14, A19 2º: A9, A16 3º: A17 4º: A12 5º: A20, A21 6º: A8
21,30	1º:3.094,08 2º:2.803,20 3º:2.704,32 4º:2.252,00 5º:2.724,48 6º:1.932,00	15.511,08	27.186,17	158,0850	1º: A13, A14, A19 2º: A9, A16 3º: A17 4º: A12 5º: A20, A21 6º: A8
21,40	1º:3.324,48 2º:3.073,92 3º:2.704,32 4º:2.252,00 5º:3.284,16	14.639,88	28.500,16	168,9566	1º: A19, A20, A21 2º: A9, A14 3º: A17 4º: A12 5º: A8, A13
21,50	1º:3.324,48 2º:3.073,92 3º:2.704,32 4º:2.252,00 5º:3.284,16	14.639,88	28.500,16	168,9566	1º: A19, A20, A21 2º: A9, A14 3º: A17 4º: A12 5º: A8, A13
21,60	1º:3.073,92 2º:2.853,00 3º:2.704,32 4º:3.284,16 5º:1.201,92	13.117,32	29.377,08	180,8943	1º: A9, A14 2º: A12, A19 3º: A17 4º: A8, A13 5º: A20
21,70	1º:3.073,92 2º:2.853,00 3º:2.704,32 4º:3.284,16 5º:1.201,92	13.117,32	29.377,08	180,8943	1º: A9, A14 2º: A12, A19 3º: A17 4º: A8, A13 5º: A20
21,80	1º:3.073,92 2º:2.853,00 3º:2.704,32 4º:3.284,16 5º:1.201,92	13.117,32	29.377,08	180,8943	1º: A9, A14 2º: A12, A19 3º: A17 4º: A8, A13 5º: A20
21,90	1º:3.264,48 2º:2.253,00 3º:2.704,32 4º:3.284,16 5º:3.133,92	14.639,88	29.921,35	176,0272	1º: A14, A19, A21 2º: A12 3º: A17 4º: A9, A13 5º: A8, A20
22,00	1º:3.094,08 2º:2.704,32 3º:2.724,48 4º:1.932,00 5º:1.932,00 6º:2.253,00	15.639,88	30.546,79	174,1637	1º: A13, A14, A19 2º: A17 3º: A20, A21 4º: A9 5º: A8 6º: A12
22,10	1º:3.094,08 2º:2.253,00 3º:2.724,48 4º:2.704,32 5º:1.932,00	12.707,88	34.026,09	206,0607	1º: A13, A14, A19 2º: A12 3º: A20, 21 4º: A17 5º: A8

Continua ...

... Continuação da simulação 17

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
22,20	1º:3.094,08 2º:2.253,00 3º:2.724,48 4º:2.704,32 5º:1.932,00	12.707,88	34.026,09	206,0607	1º: A13, A14, A19 2º: A12 3º: A20, 21 4º: A17 5º: A8
22,40	1º:3.073,92 2º:3.154,08 3º:1.932,00 4º:1.522,56 5º:2.253,00 6º:2.704,32	14.639,88	34.489,00	198,7518	1º: A8, A14 2º: A13, A19, A20 3º: A9 4º: A21 5º: A12 6º: A17
22,80	1º:3.094,08 2º:2.253,00 3º:2.704,32 4º:3.133,92	11.185,32	36.993,39	228,3984	1º: A13, A14, A19 2º: A12 3º: A17 4º: A8, A20
22,90	1º:3.284,16 2º:3.304,32 3º:2.343,84 4º:1.522,56 5º:2.253,00	12.707,88	39.972,76	235,6462	1º: A8, A13 2º: A17, A19 3º: A14, A20 4º: A21 5º: A12
23,00	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.704,32 4º:2.724,48	11.244,96	40.315,26	244,6284	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A17 4º: A20, A21
...	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.704,32 4º:2.724,48	11.244,96	40.315,26	244,6284	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A17 4º: A20, A21
23,50	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.704,32 4º:2.724,48	11.244,96	40.315,26	244,6284	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A17 4º: A20, A21
23,60	1º:2.532,00 2º:2.874,72 3º:2.704,32 4º:1.201,92 5º:2.253,00	11.565,96	40.841,60	245,6500	1º: A8, A19 2º: A13, A21 3º: A17 4º: A20 5º: A12
23,70	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.253,00 4º:2.724,48	10.793,64	41.113,61	250,8456	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A12 4º: A20, A21
...	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.253,00 4º:2.724,48	10.793,64	41.113,61	250,8456	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A12 4º: A20, A21
24,20	1º:2.532,00 2º:2.284,16 3º:2.253,00 4º:2.724,48	10.793,64	41.113,61	250,8456	1º: A8, A19 2º: A9, A13 3º: A12 4º: A20, A21
24,30	1º:2.532,00 2º:2.253,00 3º:2.874,72 4º:2.704,32	10.364,04	41.162,34	253,2254	1º: A8, A19 2º: A12 3º: A13, A21 4º: A17

Continua ...

... Continuação da simulação 17

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
...	1º:2.532,00 2º:2.253,00 3º:2.874,72 4º:2.704,32	10.364,04	41.162,34	253,2254	1º:2.532,00 2º:2.253,00 3º:2.874,72 4º:2.704,32

**SIMULAÇÃO 18)** Orçamentos periódicos de R\$ 5.000,00 (total: R\$ 30.000,00)

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
18,00	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
18,10	1º:4.806,72 2º:4.957,32 3º:4.807,68 4º:4.464,00 5º:3.073,92 6º:3.864,00	25.973,64	26.388,07	101,3814	1º: A9, A13, A21 2º: A12, A17 3º: A15, A20 4º: A6, A19 5º: A8, A14 6º: A4
18,20	1º:4.205,16 2º:3.906,24 3º:4.747,68 4º:3.864,00 5º:3.864,00 6º:3.864,00	24.451,08	33.976,02	131,7498	1º: A12, A13, A19 2º: A17, A20 3º: A14, A15 4º: A6 5º: A8, A9 6º: A1
18,40	1º:4.755,36 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:3.864,00 5º:4.747,68	22.980,84	40.347,27	157,8881	1º: A9, A13, A16, A19 2º: A12, A17 3º: A8, A20, A21 4º: A6 5º: A14, A15
18,50	1º:4.755,36 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:3.864,00 5º:4.747,68	22.980,84	40.347,27	157,8881	1º: A9, A13, A16, A19 2º: A12, A17 3º: A8, A20, A21 4º: A6 5º: A14, A15
18,80	1º:4.896,96 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:4.735,20 5º:1.932,00	21.177,96	41.046,68	166,2291	1º: A13, A14, A18, A19 2º: A12, A17 3º: A8, A20, A21 4º: A6, A16 5º: A9
18,90	1º:4.896,96 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:4.735,20 5º:1.932,00	21.177,96	41.046,68	166,2291	1º: A13, A14, A18, A19 2º: A12, A17 3º: A8, A20, A21 4º: A6, A16 5º: A9
19,00	1º:4.785,00 2º:4.936,80 3º:4.016,64 4º:3.864,00 5º:2.704,32	20.306,76	43.063,36	175,8553	1º: A8, A12, A19 2º: A9, A18, A20 3º: A13, A14, A21 4º: A6 5º: A17

Continua ...

... Continuação da simulação 18

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
19,10	1º:4.785,00 2º:4.936,80 3º:4.016,64 4º:3.864,00 5º:2.704,32	20.306,76	43.063,36	175,8553	1º: A8, A12, A19 2º: A9, A18, A20 3º: A13, A14, A21 4º: A6 5º: A17
19,40	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:3.864,00	17.361,96	47.617,84	200,8529	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A9, A20, A21 4º: A6
...	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:3.864,00	17.361,96	47.617,84	200,8529	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A9, A20, A21 4º: A6
19,80	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:4.656,48 4º:3.864,00	17.361,96	47.617,84	200,8529	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A9, A20, A21 4º: A6
20,00	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.864,00	16.571,88	47.686,15	203,7142	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A6
...	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.864,00	16.571,88	47.686,15	203,7142	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A6
21,00	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.864,00	16.571,88	47.686,15	203,7142	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A6
21,20	1º:4.755,36 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.605,76	17.184,84	47.690,89	201,6868	1º: A8, A13, A16, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A15
21,50	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.605,76	16.313,64	48.129,57	206,0531	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A15
...	1º:3.884,16 2º:4.957,32 3º:3.866,40 4º:3.605,76	16.313,64	48.129,57	206,0531	1º: A8, A13, A19 2º: A12, A17 3º: A14, A20, A21 4º: A15

## SIMULAÇÃO 19) Orçamentos periódicos de R\$ 6.700,00 (total: R\$ 40.200,00)

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,20	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
16,30	1º:6.008,04 2º:6.330,24 3º:6.568,32 4º:5.877,12 5º:5.666,88 6º:3.864,00	34.314,60	35.973,60	104,1269	1º: A12, A13, A18, A19 2º: A15, A20, A21 3º: A6, A17 4º: A8, A9, A14,A16 5º: A1, A22 6º: A4
16,40	1º:6.679,08 2º:6.300,00 3º:6.396,00 4º:5.408,64 5º:5.666,88 6º:3.864,00	34.314,60	37.439,130	107,7725	1º: A8, A12, A13, A14 2º: A16, A17, A20, A21 3º: A6, A9, A19 4º: A15, A18 5º: A1, A22 6º: A4
16,90	1º:5.687,04 2º:6.570,72 3º:3.864,00 4º:5.537,76 5º:6.117,00 6º:3.864,00	31.640,52	40.767,17	122,7031	1º: A8, A13, A18, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6 4º: A9, A15 5º: A1, A12 6º: A4
17,00	1º:5.687,04 2º:6.570,72 3º:3.864,00 4º:5.537,76 5º:6.117,00 6º:3.864,00	31.640,52	40.767,17	122,7031	1º: A8, A13, A18, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6 4º: A9, A15 5º: A1, A12 6º: A4
17,10	1º:5.687,04 2º:6.570,72 3º:5.666,88 4º:5.537,76 5º:6.117,00	29.579,40	42.537,63	132,2344	1º: A8, A13, A18, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A22 4º: A9, A15 5º: A1, A12
17,30	1º:6.408,36 2º:5.648,16 3º:5.386,56 4º:5.408,64 5º:5.796,00	28.647,72	43.436,44	136,7879	1º: A8, A12, A13, A16 2º: A14, A17, A19, A20 3º: A6, A21 4º: A15,A18 5º: A1, A9
17,40	1º:6.408,36 2º:5.648,16 3º:5.386,56 4º:5.408,64 5º:5.796,00	28.647,72	43.436,44	136,7879	1º: A8, A12, A13, A16 2º: A14, A17, A19, A20 3º: A6, A21 4º: A15,A18 5º: A1, A9
17,50	1º:6.679,08 2º:6.309,12 3º:5.386,56 4º:5.796,00 5º:3.605,76	27.776,52	44.151,53	140,7339	1º: A8, A12, A13, A14 2º: A17, A18, A19, A20 3º: A1, A21 4º: A6, A9 5º: A15
...	1º:6.679,08 2º:6.309,12 3º:5.386,56 4º:5.796,00 5º:3.605,76	27.776,52	44.151,53	140,7339	1º: A8, A12, A13, A14 2º: A17, A18, A19, A20 3º: A1, A21 4º: A6, A9 5º: A15

Continua ...

... Continuação da simulação 19

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
17,90	1º:6.679,08 2º:6.309,12 3º:5.386,56 4º:5.796,00 5º:3.605,76	27.776,52	44.151,53	140,7339	1º: A8, A12, A13, A14 2º: A17, A18, A19, A20 3º: A1, A21 4º: A6, A9 5º: A15
18,00	1º:6.137,16 2º:5.709,12 3º:6.528,48 4º:5.537,76 5º:1.802,88	25.715,40	49.136,91	158,2625	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A17, A18, A20 3º: A6, A14 4º: A9, A15 5º: A22
18,10	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.864,00 5º:3.605,76	25.973,64	50.140,96	160,1177	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A4 5º: A15
18,20	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.864,00 5º:3.605,76	25.973,64	50.140,96	160,1177	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A4 5º: A15
18,30	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.864,00 5º:3.605,76	25.973,64	50.140,96	160,1177	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A4 5º: A15
18,40	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:6.667,20 4º:3.605,76	22.980,84	51.720,94	171,4928	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9, A16 4º: A15
18,60	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.605,76	22.109,64	52.316,90	175,1424	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A15
...	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.605,76	22.109,64	52.316,90	175,1424	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A15
20,50	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.796,00 4º:3.605,76	22.109,64	52.316,90	175,1424	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A6, A9 4º: A15
20,60	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.537,76	18.245,64	52.621,97	185,5133	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A9, A15
...	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.537,76	18.245,64	52.621,97	185,5133	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A9, A15
22,30	1º:6.137,16 2º:6.570,72 3º:5.537,76	18.245,64	52.621,97	185,5133	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A14, A17, A20, A21 3º: A9, A15
22,40	1º:6.137,16 2º:6.310,08 3º:5.588,48	19.035,72	53.685,60	186,1937	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A15, A17 3º: A6, A20, A21
...	1º:6.137,16 2º:6.310,08 3º:5.588,48	19.035,72	53.685,60	186,1937	1º: A8, A12, A13, A19 2º: A15, A17 3º: A6, A20, A21

## SIMULAÇÃO 20) Orçamentos periódicos de R\$ 8.350,00 (total: R\$ 50.100,00)

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,30	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
15,40	1º:8.031,24 2º:8.262,24 3º:8.328,00 4º:7.598,88 5º:7.890,24 6º:7.728,00	47.838,60	24.542,72	53,5012	1º: A8, A12, A14, A17 2º: A5, A15, A20, A21 3º: A1, A6, A19 4º: A9, A10, A18 5º: A7, A16, A22 6º: A4, A11
15,50	1º:8.241,48 2º:8.330,40 3º:7.728,00 4º:8.082,72 5º:3.864,00 6º:7.728,00	43.974,60	37.499,52	87,0757	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A6, A14, A19, A20, A21 3º: A4, A5, A9 4º: A15, A16, A18 5º: A10 6º: A1, A11
15,70	1º:8.031,24 2º:8.282,40 3º:7.728,00 4º:6.667,20 5º:7.469,76 6º:1.932,00	40.110,60	41.150,51	102,0757	1º: A8, A12, A14, A17 2º: A13, A15, A19, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9, A16 5º: A11, A18, A22 6º: A5
15,80	1º:8.031,24 2º:8.282,40 3º:7.728,00 4º:6.667,20 5º:7.469,76 6º:1.932,00	40.110,60	41.150,51	102,0757	1º: A8, A12, A14, A17 2º: A13, A15, A19, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9, A16 5º: A11, A18, A22 6º: A5
16,10	1º:8.320,68 2º:7.512,00 3º:7.728,00 4º:7.148,16 5º:7.469,76	38.178,60	42.839,79	109,3038	1º: A8, A12, A14, A16,A19,A21 2º: A15, A17, A20 3º: A4, A6 4º: A1, A9, A13 5º: A7, A18, A22
16,30	1º:8.241,48 2º:8.343,36 3º:8.328,00 4º:7.469,76 5º:1.932,00	34.314,60	44.496,55	120,3233	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A16, A20, A21 3º: A1, A6, A19 4º: A4, A18, A22 5º: A9
16,40	1º:8.241,48 2º:8.343,36 3º:8.328,00 4º:7.469,76 5º:1.932,00	34.314,60	44.496,55	120,3233	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A16, A20, A21 3º: A1, A6, A19 4º: A4, A18, A22 5º: A9
16,50	1º:8.241,48 2º:8.343,36 3º:8.328,00 4º:7.469,76 5º:1.932,00	34.314,60	44.496,55	120,3233	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A16, A20, A21 3º: A1, A6, A19 4º: A4, A18, A22 5º: A9
16,70	1º:8.241,48 2º:7.801,44 3º:6.937,92 4º:5.666,88 5º:3.864,00	32.511,72	47.599,29	130,1149	1º: A8, A12, A13, A17, A19 2º: A15, A16, A19, A20, A21 3º: A4, A9, A14 4º: A1, A18 5º: A6

Continua ...

... Continuação da simulação 20

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
16,90	1º:8.051,40 2º:8.262,24 3º:7.728,00 4º:6.667,20	30.708,84	51.434,96	141,3695	1º: A12, A13, A14, A17, A19 2º: A8, A15, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9, A16
17,00	1º:8.051,40 2º:8.262,24 3º:7.728,00 4º:6.667,20	30.708,84	51.434,96	141,3695	1º: A12, A13, A14, A17, A19 2º: A8, A15, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9, A16
17,10	1º:8.051,40 2º:8.262,24 3º:7.728,00 4º:5.796,00	29.837,64	52.109,56	144,4549	1º: A12, A13, A14, A17, A19 2º: A8, A15, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9
...	1º:8.051,40 2º:8.262,24 3º:7.728,00 4º:5.796,00	29.837,64	52.109,56	144,4549	1º: A12, A13, A14, A17, A19 2º: A8, A15, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9
17,80	1º:8.051,40 2º:8.262,24 3º:7.728,00 4º:5.796,00	29.837,64	52.109,56	144,4549	1º: A12, A13, A14, A17, A19 2º: A8, A15, A20, A21 3º: A4, A6 4º: A1, A9
18,00	1º:8.241,48 2º:8.072,16 3º:5.796,00 4º:3.864,00	25.973,64	52.826,94	153,5994	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A19, A20, A21 3º: A6,A9 4º: A4
18,10	1º:8.241,48 2º:8.072,16 3º:5.796,00 4º:3.864,00	25.973,64	52.826,94	153,5994	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A19, A20, A21 3º: A6,A9 4º: A4
18,20	1º:8.241,48 2º:8.072,16 3º:5.796,00 4º:3.864,00	25.973,64	52.826,94	153,5994	1º: A8, A12, A13, A17 2º: A14, A15, A19, A20, A21 3º: A6,A9 4º: A4
18,30	1º:8.069,16 2º:8.133,12 3º:7.710,24	23.912,52	54.899,02	161,8493	1º: A8, A9, A12, A13, A19 2º: A15, A18, A20, A21 3º: A6,A14, A17
...	1º:8.069,16 2º:8.133,12 3º:7.710,24	23.912,52	54.899,02	161,8493	1º: A8, A9, A12, A13, A19 2º: A15, A18, A20, A21 3º: A6,A14, A17

## SIMULAÇÃO 21) Orçamentos periódicos de R\$ 10.000,00 (total: R\$ 60.000,00)

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ. (R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
15,20	-	-	-	-	SEM SOLUÇÃO
15,30	1º:9.722,40 2º:9.660,00 3º:9.442,44 4º:9.741,12 5º:9.272,64	47.838,60	37.311,54	82,4549	1º: A5, A8, A13, A17,A19,A20 2º: A1, A6, A9 3º: A4, A12, A18, A21 4º: A7, A10, A14, A16 5º: A11, A15, A22
15,70	1º:9.443,40 2º:9.221,68 3º:9.530,88 4º:8.060,64 5º:7.728,00	43.974,60	39.790,22	93,0260	1º: A8, A12,A13, A17, A20 2º: A1, A14, A15, A19 3º: A4, A5, A9, A18 4º: A10, A16, A20, A21 5º: A3, A6
15,80	1º:9.443,40 2º:9.221,68 3º:9.530,88 4º:8.060,64 5º:7.728,00	43.974,60	39.790,22	93,0260	1º: A8, A12,A13, A17, A20 2º: A1, A14, A15, A19 3º: A4, A5, A9, A18 4º: A10, A16, A20, A21 5º: A3, A6
15,90	1º:9.983,40 2º:9.936,00 3º:5.796,00 4º:7.728,00 5º:7.728,00	41.171,40	44.810,01	106,0644	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A15, A18, A20, A21, A22 3º: A4, A9 4º: A1, A11 5º: A6, A10
16,10	1º:9.983,40 2º:9.863,52 3º:6.739,68 4º:3.864,00 5º:5.796,00	36.246,60	49.842,64	122,6601	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A16, A21 3º: A9, A18, A20, A22 4º: A1 5º: A4, A5
16,20	1º:9.983,40 2º:9.863,52 3º:6.739,68 4º:3.864,00 5º:5.796,00	36.246,60	49.842,64	122,6601	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A16, A21 3º: A9, A18, A20, A22 4º: A1 5º: A4, A5
16,30	1º:9.983,40 2º:9.004,32 3º:7.598,88 4º:7.728,00	34.314,60	52.296,71	129,9702	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A15, A16, A18, A20, A21 3º: A4, A9, A22 4º: A1, A6
16,40	1º:9.983,40 2º:9.004,32 3º:7.598,88 4º:7.728,00	34.314,60	52.296,71	129,9702	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A15, A16, A18, A20, A21 3º: A4, A9, A22 4º: A1, A6
16,50	1º:9.983,40 2º:8.671,68 3º:9.121,44 4º:5.666,88	33.443,40	54.560,00	135,1943	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A20 3º: A4, A9, A18, A21 4º: A1, A22
16,60	1º:9.983,40 2º:8.671,68 3º:9.121,44 4º:5.666,88	33.443,40	54.560,00	135,1943	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A20 3º: A4, A9, A18, A21 4º: A1, A22
17,10	1º:9.983,40 2º:8.671,68 3º:7.318,56 4º:3.864,00	29.837,64	55.959,30	143,5361	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A20 3º: A1, A9, A21 4º: A4

Continua ...

## ... Continuação da simulação 21

NRG (%)	CUSTO POR PERÍODO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	LUCRO LÍQ.(R\$)	RENTAB. (%)	ALTERNATIVAS SELECIONADAS
...	1º:9.983,40 2º:8.671,68 3º:7.318,56 4º:3.864,00	29.837,64	55.959,30	143,5361	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A20 3º: A1, A9, A21 4º: A4
17,40	1º:9.983,40 2º:8.671,68 3º:7.318,56 4º:3.864,00	29.837,64	55.959,30	143,5361	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A20 3º: A1, A9, A21 4º: A4
17,80	1º:8.841,48 2º:9.813,60 3º:8.189,76	26.844,84	57.488,73	151,0732	1º: A8, A12, A13, A17, A19 2º: A6, A14, A15, A20 3º: A4, A9, A16, A21
17,90	1º:8.841,48 2º:9.813,60 3º:8.189,76	26.844,84	57.488,73	151,0732	1º: A8, A12, A13, A17, A19 2º: A6, A14, A15, A20 3º: A4, A9, A16, A21
18,00	1º:9.983,40 2º:8.992,32 3º:6.997,92	25.973,64	58.530,62	154,2616	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A21 3º: A4, A9, A20
...	1º:9.983,40 2º:8.992,32 3º:6.997,92	25.973,64	58.530,62	154,2616	1º: A8, A12,A13,A14,A17,A19 2º: A6, A15, A21 3º: A4, A9, A20

---

**APÊNDICE IV**

---

**IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO NO *GAMS***

```

1
...2
3 Option Optcr = 0.000001;
4 SETS
5   I  **PRIMEIRO INDICE** / 1*22 /
6   J  **SEGUNDO INDICE** / 1*6 /;
7
8 Table FO(I,J) **COEFICIENTES DA FUNCAO OBJETIVO**
9   1           2           3           4           5           6
10  1  4197.99      3434.72      2671.45      1908.18      1144.91      381.64
11  2   230.61       188.69       146.76       104.83       62.90       20.97
12  3   1393.1       1139.81       886.52       633.23       379.94      126.65
13  4   7073.72      5787.59      4501.46      3215.33      1929.2      643.07
14  5   410.91       336.2        261.49       186.78       112.07      37.36
15  6   7992.6       6539.4       5086.2       3633         2179.8      726.6
16  7   1893.27      1549.04      1204.81      860.58       516.35     172.12
17  8  16566.22     13554.18     10542.14     7530.1       4518.06    1506.02
18  9   3077.31      2517.8       1958.29      1398.78      839.27     279.76
19  10  3020.49      2471.31      1922.13      1372.95      823.77     274.59
20  11   554.57       453.74       352.91       252.08       151.25     50.42
21  12   7556.4       6182.51      4808.62      3434.73     2060.84    686.95
22  13   9224.49      7547.31      5870.13      4192.95     2515.77    838.59
23  14   1943.1       1589.81      1236.52      883.23       529.94     176.65
24  15   8399.99      6872.72      5345.45      3818.18     2290.91    763.64
25  16   432.52       353.88       275.24       196.6        117.96     39.32
26  17   7011.07      5736.33      4461.59      3186.85     1912.11    637.37
27  18   2248.24      1839.47      1430.7       1021.93     613.16     204.39
28  19  17438.14     14267.57     11097        7926.43     4755.86    1585.29
29  20   3077.31      2517.8       1958.29      1398.78      839.27     279.76
30  21   3586.83      2934.68      2282.53      1630.38     978.23     326.08
31  22   554.57       453.74       352.41       252.90       151.25     50.42
32
33 Table R1(I,J) **COEFICIENTES O PRIMEIRO GRUPO DE 6 RESTRICOES**
34   1           2           3           4           5           6
35  1  3864         3864         3864         3864         3864         3864
36  2  3864         3864         3864         3864         3864         3864
37  3  3864         3864         3864         3864         3864         3864
38  4  3864         3864         3864         3864         3864         3864
39  5  1932         1932         1932         1932         1932         1932
40  6  3864         3864         3864         3864         3864         3864
41  7  3864         3864         3864         3864         3864         3864
42  8  1932         1932         1932         1932         1932         1932
43  9  1932         1932         1932         1932         1932         1932
44  10 3864         3864         3864         3864         3864         3864
45  11 3864         3864         3864         3864         3864         3864
46  12 2253         2253         2253         2253         2253         2253
47  13 1352.16      1352.16     1352.16     1352.16     1352.16    1352.16
48  14 1141.92      1141.92     1141.92     1141.92     1141.92    1141.92
49  15 3605.76      3605.76     3605.76     3605.76     3605.76    3605.76
50  16 871.2         871.2        871.2        871.2        871.2       871.2
51  17 2704.32      2704.32     2704.32     2704.32     2704.32    2704.32
52  18 1802.88      1802.88     1802.88     1802.88     1802.88    1802.88
53  19 600          600          600          600          600          600
54  20 1201.92      1201.92     1201.92     1201.92     1201.92    1201.92
55  21 1522.56      1522.56     1522.56     1522.56     1522.56    1522.56
56  22 1802.88      1802.88     1802.88     1802.88     1802.88    1802.88
57
58 Table R2(I,J) **COEFICIENTES O SEGUNDO GRUPO DE 11 RESTRICOES**
59   1           2           3           4           5           6
60  1  0.1429       0.1429       0.1429       0.1429       0.1429     0.1429

```

61	2	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122	0.0122
62	3	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485
63	4	0.2743	0.2743	0.2743	0.2743	0.2743	0.2743
64	5	0.4385	0.4385	0.4385	0.4385	0.4385	0.4385
65	6	0.2436	0.2436	0.2436	0.2436	0.2436	0.2436
66	7	0.4434	0.4434	0.4434	0.4434	0.4434	0.4434
67	8	0.3167	0.3167	0.3167	0.3167	0.3167	0.3167
68	9	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
69	10	0.2286	0.2286	0.2286	0.2286	0.2286	0.2286
70	11	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
71	12	0.2571	0.2571	0.2571	0.2571	0.2571	0.2571
72	13	0.4878	0.4878	0.4878	0.4878	0.4878	0.4878
73	14	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485	0.485
74	15	0.3257	0.3257	0.3257	0.3257	0.3257	0.3257
75	16	0.4615	0.4615	0.4615	0.4615	0.4615	0.4615
76	17	0.2564	0.2564	0.2564	0.2564	0.2564	0.2564
77	18	0.5266	0.5266	0.5266	0.5266	0.5266	0.5266
78	19	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
79	20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
80	21	0.2714	0.2714	0.2714	0.2714	0.2714	0.2714
81	22	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
82							
83							
84	Variables						
85	X(I,J)	**VARIÁVEIS INDEPENDENTES BINÁRIAS**					
86	Z	**VARIÁVEL A SER MAXIMIZADA** ;					
87	Parameter						
88	RHSO(J)	**RHS DAS RESTRICÖES DE RECURSO**					
89	/ 1	00000					
90	2	00000					
91	3	00000					
92	4	00000					
93	5	00000					
94	6	60000/					
95	Rk(i)	**PARAMETRO INICIAL DA RESTRICAO DE RESICO**					
96	/ 1	0.0583					
97	2	0.0683					
98	3	0.0030					
99	4	0.0218					
100	5	0.0044					
101	6	0.0839					
102	7	0.0049					
103	8	0.0127					
104	9	0.0301					
105	10	0.0104					
106	11	0.0129 /;					
107							
108	Positive Variable NRK;						
109	Binary Variable X;						
110	Scalar NRG /0.1780/;						
111							
112	Equations						
113	Objetivo	**DEFINE A FUNCAO OBJETIVO**					
114	Recur(j)	**RESTRICÖES QUE ENVOLVEM OS RECURSOS**					
115	Restr(I)	**RESTRICÖES DO SOMATORIO DOS Xi MENOR QUE 1**					
116	Risco(I)	**RESTRICÖES QUE ENVOLVE RISCO**					
117	RGlobal	** **					
118	Nula(I)	**Anula todos os NRK acima de 11 **;					
119							
120	Objetivo.. Sum((I,J), (FO(I,J)-R1(I,J))*X(I,J)) =E= Z;						

121 Recur(J)..  $\text{Sum}(I, R1(I, J) * X(I, J)) = L = \text{RHSO}(J)$ ;  
 122 Restr(I)..  $\text{Sum}(J, X(I, J)) = L = 1$ ;  
 123 Risco(I) \$ (Ord(I) Lt 12)..  $\text{Rk}(I) - \text{Rk}(I) * (\text{Sum}(J, R2(I, J) * X(I, J)) +$   
 124  $\text{Sum}(J, R2(I+11, J) * X(I+11, J))) - \text{NRK}(I) = L = 0$ ;  
 125 RGlobal..  $\text{Sum}(I, \text{NRK}(I)) = L = \text{NRG}$ ;  
 126 Nula(I) \$ (Ord(I) Gt 11)..  $\text{NRK}(I) = E = 0$ ;  
 127  
 128 Model Anete /All/ ;  
 129 Solve Anete Using Mip Maximizing Z ;  
 130 Display X.L, NRK.L, Z.L;

## SYMBOL LISTING

SYMBOL	TYPE	DECLARED	DEFINED	REFERENCES
ANETE MODEL		DECLARED 128	DEFINED 128	REF 129
FO	PARAM	DECLARED 8	DEFINED 8	REF 120
I	SET	DECLARED 5	DEFINED 5	REF 8
		33 58	85 95	115 116
		118 3*120	2*121 122	5*123 3*124
		125 2*126	CONTROL 120	121 122
		123 125	126	
J	SET	DECLARED 6	DEFINED 6	REF 8
		33 58	85 88	114 3*120
		3*121 122	2*123 2*124	CONTROL 120
		121 122	123 124	
NRG	PARAM	DECLARED 110	DEFINED 110	REF 125
NRK	VAR	DECLARED 108	IMPL-ASN 129	REF 124
		125 126	130	
NULA	EQU	DECLARED 118	DEFINED 126	IMPL-ASN 129
		REF 128		
OBJETIVO	EQU	DECLARED 113	DEFINED 120	IMPL-ASN 129
		REF 128		
R1	PARAM	DECLARED 33	DEFINED 33	REF 120
		121		
R2	PARAM	DECLARED 58	DEFINED 58	REF 123
		124		
RECUR	EQU	DECLARED 114	DEFINED 121	IMPL-ASN 129
		REF 128		
RESTR	EQU	DECLARED 115	DEFINED 122	IMPL-ASN 129
		REF 128		
RGLOBAL	EQU	DECLARED 117	DEFINED 125	IMPL-ASN 129
		REF 128		
RHSO	PARAM	DECLARED 88	DEFINED 89	REF 121
RISCO	EQU	DECLARED 116	DEFINED 123	IMPL-ASN 129
		REF 128		
RK	PARAM	DECLARED 95	DEFINED 96	REF 2*123
X	VAR	DECLARED 85	IMPL-ASN 129	REF 109
		120 121	122 123	124 130
Z	VAR	DECLARED 86	IMPL-ASN 129	REF 120
		129	130	

## SETS

I \*\*PRIMEIRO INDICE\*\*  
 J \*\*SEGUNDO INDICE\*\*

## PARAMETERS

FO \*\*COEFICIENTES DA FUNCAO OBJETIVO\*\*  
 NRG \*\*NÍVEL DE RISCO GLOBAL\*\*  
 R1 \*\*COEFICIENTES O PRIMEIRO GRUPO DE 6 RESTRICOES\*\*  
 R2 \*\*COEFICIENTES O SEGUNDO GRUPO DE 11 RESTRICOES\*\*

RHSO \*\*RHS DAS RESTRICOES DE RECURSO\*\*  
 RK \*\*PARAMETRO INICIAL DA RESTRICAO DE RESICO\*\*

VARIABLES

NRK \*\*NÍVEL DE RISCO PARA O PROBLEMA K\*\*  
 X \*\*VARIÁVEIS INDEPENDENTES BINÁRIAS\*\*  
 Z \*\*VARIÁVEL A SER MAXIMIZADA\*\*

EQUATIONS

NULA \*\*ANULA TODOS OS NRK ACIMA DE 11\*\*  
 OBJETIVO \*\*DEFINE A FUNCAO OBJETIVO\*\*  
 RECUR \*\*RESTRICOES QUE ENVOLVEM OS RECURSOS\*\*  
 RESTR \*\*RESTRICOES DO SOMATORIO DOS XI MENOR QUE 1\*\*  
 RGLOBAL \*\*RESTRICÃO DE RISCO GLOBAL\*\*  
 RISCO \*\*RESTRICOES QUE ENVOLVE RISCO\*\*

MODELS ANETE

COMPILATION TIME = 0.009 MINUTES  
 EQUATION LISTING SOLVE ANETE USING MIP FROM LINE 129

---- OBJETIVO =E= \*\*DEFINE A FUNCAO OBJETIVO\*\*  
 OBJETIVO.. 333.99\*X(1,1) - 429.28\*X(1,2) - 1192.55\*X(1,3) - 1955.82\*X(1,4) - 2719.09\*X(1,5)  
 - 3482.36\*X(1,6) - 3633.39\*X(2,1) - 3675.31\*X(2,2) - 3717.24\*X(2,3) - 3759.17\*X(2,4)  
 - 3801.1\*X(2,5) - 3843.03\*X(2,6) - 2470.9\*X(3,1) - 2724.19\*X(3,2) - 2977.48\*X(3,3) - 230.77\*X(3,4)  
 - 3484.06\*X(3,5) - 3737.35\*X(3,6) + 3209.72\*X(4,1) + 1923.59\*X(4,2) + 637.46\*X(4,3)  
 - 648.67\*X(4,4) - 1934.8\*X(4,5) - 3220.93\*X(4,6) - 1521.09\*X(5,1) - 1595.8\*X(5,2) - 1670.51\*X(5,3)  
 - 1745.22\*X(5,4) - 1819.93\*X(5,5) - 1894.64\*X(5,6) + 4128.6\*X(6,1) + 2675.4\*X(6,2)  
 + 1222.2\*X(6,3) - 231\*X(6,4) - 1684.2\*X(6,5) - 3137.4\*X(6,6) - 1970.73\*X(7,1) - 2314.96\*X(7,2)  
 - 2659.19\*X(7,3) - 3003.42\*X(7,4) - 3347.65\*X(7,5) - 3691.88\*X(7,6) + 14634.22\*X(8,1)  
 + 11622.18\*X(8,2) + 8610.14\*X(8,3) + 5598.1\*X(8,4) + 2586.06\*X(8,5) - 425.98\*X(8,6)  
 + 1145.31\*X(9,1) + 585.8\*X(9,2) + 26.29\*X(9,3) - 533.22\*X(9,4) - 1092.73\*X(9,5) - 1652.24\*X(9,6)  
 - 3.51\*X(10,1) - 1392.69\*X(10,2) - 1941.87\*X(10,3) - 2491.05\*X(10,4) - 3040.23\*X(10,5)  
 - 3589.41\*X(10,6) - 3309.43\*X(11,1) - 3410.26\*X(11,2) - 3511.09\*X(11,3) - 3611.92\*X(11,4)  
 - 3712.75\*X(11,5) - 3813.58\*X(11,6) + 5303.4\*X(12,1) + 3929.51\*X(12,2) + 2555.62\*X(12,3)  
 + 181.73\*X(12,4) - 192.16\*X(12,5) - 1566.05\*X(12,6) + 7872.33\*X(13,1) + 6195.15\*X(13,2)  
 + 4517.97\*X(13,3) + 2840.79\*X(13,4) + 1163.61\*X(13,5) - 513.57\*X(13,6) + 801.18\*X(14,1)  
 + 447.89\*X(14,2) + 94.6\*X(14,3) - 258.69\*X(14,4) - 611.98\*X(14,5) - 965.27\*X(14,6)  
 + 4794.23\*X(15,1) + 3266.96\*X(15,2) + 1739.69\*X(15,3) + 212.42\*X(15,4) - 1314.85\*X(15,5)  
 - 2842.12\*X(15,6) - 438.68\*X(16,1) - 517.32\*X(16,2) - 595.96\*X(16,3) - 674.6\*X(16,4)  
 - 753.24\*X(16,5) - 831.88\*X(16,6) + 4306.75\*X(17,1) + 3032.01\*X(17,2) + 1757.27\*X(17,3)  
 + 482.53\*X(17,4) - 792.21\*X(17,5) - 2066.95\*X(17,6) + 445.36\*X(18,1) + 36.59\*X(18,2)  
 - 372.18\*X(18,3) - 780.95\*X(18,4) - 1189.72\*X(18,5) - 1598.49\*X(18,6) + 16838.14\*X(19,1)  
 + 13667.57\*X(19,2) + 10497\*X(19,3) + 7326.43\*X(19,4) + 4155.86\*X(19,5) + 985.29\*X(19,6)  
 + 1875.39\*X(20,1) + 1315.88\*X(20,2) + 756.37\*X(20,3) + 196.86\*X(20,4) - 362.65\*X(20,5)  
 - 922.16\*X(20,6) + 2064.27\*X(21,1) + 1412.12\*X(21,2) + 759.97\*X(21,3) + 107.82\*X(21,4)  
 - 544.33\*X(21,5) - 1196.48\*X(21,6) - 1248.31\*X(22,1) - 1349.14\*X(22,2) - 1450.47\*X(22,3)  
 - 1549.98\*X(22,4) - 1651.63\*X(22,5) - 1752.46\*X(22,6) - Z =E= 0 ;

---- RECUR =L= \*\*RESTRICOES QUE ENVOLVEM OS RECURSOS\*\*  
 RECUR(1).. 3864\*X(1,1) + 3864\*X(2,1) + 3864\*X(3,1) + 3864\*X(4,1) + 1932\*X(5,1)  
 + 3864\*X(6,1) + 3864\*X(7,1) + 1932\*X(8,1) + 1932\*X(9,1) + 3864\*X(10,1) + 3864\*X(11,1)  
 + 2253\*X(12,1) + 1352.16\*X(13,1) + 1141.92\*X(14,1) + 3605.76\*X(15,1) + 871.2\*X(16,1)  
 + 2704.32\*X(17,1) + 1802.88\*X(18,1) + 600\*X(19,1) + 1201.92\*X(20,1) + 1522.56\*X(21,1)  
 + 1802.88\*X(22,1) =L= 0 ;  
 RECUR(2).. 3864\*X(1,2) + 3864\*X(2,2) + 3864\*X(3,2) + 3864\*X(4,2) + 1932\*X(5,2)  
 + 3864\*X(6,2) + 3864\*X(7,2) + 1932\*X(8,2) + 1932\*X(9,2) + 3864\*X(10,2) + 3864\*X(11,2)  
 + 2253\*X(12,2) + 1352.16\*X(13,2) + 1141.92\*X(14,2) + 3605.76\*X(15,2) + 871.2\*X(16,2)  
 + 2704.32\*X(17,2) + 1802.88\*X(18,2) + 600\*X(19,2) + 1201.92\*X(20,2) + 1522.56\*X(21,2)  
 + 1802.88\*X(22,2) =L= 0 ;

RECUR(3)..  $3864 * X(1,3) + 3864 * X(2,3) + 3864 * X(3,3) + 3864 * X(4,3) + 1932 * X(5,3)$   
 $+ 3864 * X(6,3) + 3864 * X(7,3) + 1932 * X(8,3) + 1932 * X(9,3) + 3864 * X(10,3) + 3864 * X(11,3)$   
 $+ 2253 * X(12,3) + 1352.16 * X(13,3) + 1141.92 * X(14,3) + 3605.76 * X(15,3) + 871.2 * X(16,3) +$   
 $2704.32 * X(17,3) + 1802.88 * X(18,3) + 600 * X(19,3) + 1201.92 * X(20,3) + 1522.56 * X(21,3) +$   
 $1802.88 * X(22,3) = L = 0 ;$   
 REMAINING 3 ENTRIES SKIPPED

---- RESTR =L= \*\*RESTRICOES DO SOMATORIO DOS XI MENOR QUE 1\*\*  
 RESTR(1)..  $X(1,1) + X(1,2) + X(1,3) + X(1,4) + X(1,5) + X(1,6) = L = 1 ;$   
 RESTR(2)..  $X(2,1) + X(2,2) + X(2,3) + X(2,4) + X(2,5) + X(2,6) = L = 1 ;$   
 RESTR(3)..  $X(3,1) + X(3,2) + X(3,3) + X(3,4) + X(3,5) + X(3,6) = L = 1 ;$   
 REMAINING 19 ENTRIES SKIPPED

---- RISCO =L= \*\*RESTRICOES QUE ENVOLVE RISCO\*\*  
 RISCO(1)..  $- 0.0083 * X(1,1) - 0.0083 * X(1,2) - 0.0083 * X(1,3) - 0.0083 * X(1,4) - 0.0083 * X(1,5)$   
 $- 0.0083 * X(1,6) - 0.015 * X(12,1) - 0.015 * X(12,2) - 0.015 * X(12,3) - 0.015 * X(12,4) - 0.015 * X(12,5)$   
 $- 0.015 * X(12,6) - NRK(1) = L = -0.0583 ;$   
 RISCO(2)..  $- 0.0008 * X(2,1) - 0.0008 * X(2,2) - 0.0008 * X(2,3) - 0.0008 * X(2,4) - 0.0008 * X(2,5)$   
 $- 0.0008 * X(2,6) - 0.0333 * X(13,1) - 0.0333 * X(13,2) - 0.0333 * X(13,3) - 0.0333 * X(13,4)$   
 $- 0.0333 * X(13,5) - 0.0333 * X(13,6) - NRK(2) = L = -0.0683 ;$   
 RISCO(3)..  $- 0.0015 * X(3,1) - 0.0015 * X(3,2) - 0.0015 * X(3,3) - 0.0015 * X(3,4) - 0.0015 * X(3,5)$   
 $- 0.0015 * X(3,6) - 0.0015 * X(14,1) - 0.0015 * X(14,2) - 0.0015 * X(14,3) - 0.0015 * X(14,4)$   
 $- 0.0015 * X(14,5) - 0.0015 * X(14,6) - NRK(3) = L = -0.003 ;$   
 REMAINING 8 ENTRIES SKIPPED

---- RGLOBAL =L= \*\*RESTRICÃO DE RISCO GLOBAL\*\*  
 RGLOBAL..  $NRK(1) + NRK(2) + NRK(3) + NRK(4) + NRK(5) + NRK(6) + NRK(7) + NRK(8)$   
 $+ NRK(9) + NRK(10) + NRK(11) + NRK(12) + NRK(13) + NRK(14) + NRK(15) + NRK(16) +$   
 $NRK(17) + NRK(18) + NRK(19) + NRK(20) + NRK(21) + NRK(22) = L = 0.178 ;$

---- NULA =E= \*\*ANULA TODOS OS NRK ACIMA DE 11\*\*  
 NULA(12)..  $NRK(12) = E = 0 ;$   
 NULA(13)..  $NRK(13) = E = 0 ;$   
 NULA(14)..  $NRK(14) = E = 0 ;$   
 REMAINING 8 ENTRIES SKIPPED

---- X \*\*VARIÁVEIS INDEPENDENTES BINÁRIAS\*\*  
 X(1,1)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)  
 333.99 OBJETIVO  
 3864 RECUR(1)  
 1 RESTR(1)  
 -0.0083 RISCO(1)

X(1,2)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)  
 -429.28 OBJETIVO  
 3864 RECUR(2)  
 1 RESTR(1)  
 -0.0083 RISCO(1)

X(1,3)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)  
 -1192.55 OBJETIVO  
 3864 RECUR(3)  
 1 RESTR(1)  
 -0.0083 RISCO(1)

REMAINING 129 ENTRIES SKIPPED

---- Z     \*\*VARIABEL A SER MAXIMIZADA\*\*

Z  
          (.LO, .L, .UP = -INF, 0, +INF)  
-1         OBJETIVO

---- NRK

NRK(1)  
          (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1         RISCO(1)

1         RGLOBAL

NRK(2)  
          (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1         RISCO(2)

1         RGLOBAL

NRK(3)  
          (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

-1         RISCO(3)

1         RGLOBAL

REMAINING 19 ENTRIES SKIPPED

#### MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	6	SINGLE EQUATIONS	52
BLOCKS OF VARIABLES	3	SINGLE VARIABLES	155
NON ZERO ELEMENTS	573	DISCRETE VARIABLES	132
GENERATION TIME	=	0.013 MINUTES	
EXECUTION TIME	=	0.018 MINUTES	

#### SOLVE SUMMARY

MODEL	ANETE	OBJECTIVE	Z
TYPE	MIP	DIRECTION	MAXIMIZE
SOLVER	ZOOM	FROM LINE	129

\*\*\*\* SOLVER STATUS         1 NORMAL COMPLETION  
\*\*\*\* MODEL STATUS         1 OPTIMAL  
\*\*\*\* OBJECTIVE VALUE       -17376.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.035	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	174	1000

#### ZOOM / XMP

Courtesy of Dr Roy E. Marsten,  
Department of Management Information Systems,  
University of Arizona,  
Tucson Arizona 85721, U.S.A.

No options file found - using defaults.

Work space needed (estimate) -- 10170 words.

Work space available -- 33478 words.

The LU factors occupied 115 slots (estimate 1177, max 6968).

The branch and bound tree contained 56 nodes (max. 7055 nodes).

Iterations:	Initial LP	50, Time:	.00
	Heuristic	24,	.00
	Branch and bound	88,	.02
	Final LP	12,	.00

---- EQU OBJETIVO	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
OBJETIVO   **DEFINE A FUNCAO OBJETIVO**				-1.000

---- EQU RECUR		**RESTRICOES QUE ENVOLVEM OS RECURSOS**		
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	-INF	.	.	.
2	-INF	.	.	.
3	-INF	.	.	.
4	-INF	.	.	.
5	-INF	.	.	.
6	-INF	25112.040	60000.000	.

---- EQU RESTR		**RESTRICOES DO SOMATORIO DOS XI MENOR QUE 1**		
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	-INF	1.000	1.000	.
2	-INF	.	1.000	.
3	-INF	.	1.000	.
4	-INF	.	1.000	.
5	-INF	.	1.000	.
6	-INF	1.000	1.000	.
7	-INF	.	1.000	.
8	-INF	1.000	1.000	.
9	-INF	1.000	1.000	.
10	-INF	.	1.000	.
11	-INF	.	1.000	.
12	-INF	1.000	1.000	.
13	-INF	1.000	1.000	.
14	-INF	.	1.000	.
15	-INF	1.000	1.000	.
16	-INF	.	1.000	.
17	-INF	1.000	1.000	.
18	-INF	.	1.000	.
19	-INF	1.000	1.000	.
20	-INF	1.000	1.000	.
21	-INF	.	1.000	.
22	-INF	1.000	1.000	.

---- EQU RISCO		**RESTRICOES QUE ENVOLVE RISCO**		
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	-INF	-0.058	-0.058	EPS
2	-INF	-0.068	-0.068	EPS
3	-INF	-0.003	-0.003	EPS
4	-INF	-0.022	-0.022	EPS
5	-INF	-0.004	-0.004	EPS
6	-INF	-0.084	-0.084	EPS
7	-INF	-0.005	-0.005	EPS
8	-INF	-0.013	-0.013	EPS
9	-INF	-0.030	-0.030	EPS
10	-INF	-0.010	-0.010	EPS
11	-INF	-0.013	-0.013	EPS

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU RGLOBAL	-INF	0.178	0.178	.

RGLOBAL \*\*RESTRIÇÃO DE RISCO GLOBAL\*\*

---- EQU NULA		**ANULA TODOS OS NRK ACIMA DE 11 **		
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
12	.	.	.	.
13	.	.	.	.
14	.	.	.	.
15	.	.	.	.
16	.	.	.	.

17	.	.	.	.
18	.	.	.	.
19	.	.	.	.
20	.	.	.	.
21	.	.	.	.
22	.	.	.	.
---- VAR X      **VARIÁVEIS INDEPENDENTES BINARIAS**				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.1	.	.	1.000	333.990
1.2	.	.	1.000	-429.280
1.3	.	.	1.000	-1192.550
1.4	.	.	1.000	-1955.820
1.5	.	.	1.000	-2719.090
1.6	.	1.000	1.000	-3482.360
2.1	.	.	1.000	-3633.390
2.2	.	.	1.000	-3675.310
2.3	.	.	1.000	-3717.240
2.4	.	.	1.000	-3759.170
2.5	.	.	1.000	-3801.100
2.6	.	.	1.000	-3843.030
3.1	.	.	1.000	-2470.900
3.2	.	.	1.000	-2724.190
3.3	.	.	1.000	-2977.480
3.4	.	.	1.000	-3230.770
3.5	.	.	1.000	-3484.060
3.6	.	.	1.000	-3737.350
4.1	.	.	1.000	3209.720
4.2	.	.	1.000	1923.590
4.3	.	.	1.000	637.460
4.4	.	.	1.000	-648.670
4.5	.	.	1.000	-1934.800
4.6	.	.	1.000	-3220.930
5.1	.	.	1.000	-1521.090
5.2	.	.	1.000	-1595.800
5.3	.	.	1.000	-1670.510
5.4	.	.	1.000	-1745.220
5.5	.	.	1.000	-1819.930
5.6	.	.	1.000	-1894.640
6.1	.	.	1.000	4128.600
6.2	.	.	1.000	2675.400
6.3	.	.	1.000	1222.200
6.4	.	.	1.000	-231.000
6.5	.	.	1.000	-1684.200
6.6	.	1.000	1.000	-3137.400
7.1	.	.	1.000	-1970.730
7.2	.	.	1.000	-2314.960
7.3	.	.	1.000	-2659.190
7.4	.	.	1.000	-3003.420
7.5	.	.	1.000	-3347.650
7.6	.	.	1.000	-3691.880
8.1	.	.	1.000	14634.220
8.2	.	.	1.000	11622.180
8.3	.	.	1.000	8610.140
8.4	.	.	1.000	5598.100
8.5	.	.	1.000	2586.060
8.6	.	1.000	1.000	-425.980
9.1	.	.	1.000	1145.310
9.2	.	.	1.000	585.800
9.3	.	.	1.000	26.290

9.4	.	.	1.000	-533.220
9.5	.	.	1.000	-1092.730
9.6	.	1.000	1.000	-1652.240
10.1	.	.	1.000	-843.510
10.2	.	.	1.000	-1392.690
10.3	.	.	1.000	-1941.870
10.4	.	.	1.000	-2491.050
10.5	.	.	1.000	-3040.230
10.6	.	.	1.000	-3589.410
11.1	.	.	1.000	-3309.430
11.2	.	.	1.000	-3410.260
11.3	.	.	1.000	-3511.090
11.4	.	.	1.000	-3611.920
11.5	.	.	1.000	-3712.750
11.6	.	.	1.000	-3813.580
12.1	.	.	1.000	5303.400
12.2	.	.	1.000	3929.510
12.3	.	.	1.000	2555.620
12.4	.	.	1.000	1181.730
12.5	.	.	1.000	-192.160
12.6	.	1.000	1.000	-1566.050
13.1	.	.	1.000	7872.330
13.2	.	.	1.000	6195.150
13.3	.	.	1.000	4517.970
13.4	.	.	1.000	2840.790
13.5	.	.	1.000	1163.610
13.6	.	1.000	1.000	-513.570
14.1	.	.	1.000	801.180
14.2	.	.	1.000	447.890
14.3	.	.	1.000	94.600
14.4	.	.	1.000	-258.690
14.5	.	.	1.000	-611.980
14.6	.	.	1.000	-965.270
15.1	.	.	1.000	4794.230
15.2	.	.	1.000	3266.960
15.3	.	.	1.000	1739.690
15.4	.	.	1.000	212.420
15.5	.	.	1.000	-1314.850
15.6	.	1.000	1.000	-2842.120
16.1	.	.	1.000	-438.680
16.2	.	.	1.000	-517.320
16.3	.	.	1.000	-595.960
16.4	.	.	1.000	-674.600
16.5	.	.	1.000	-753.240
16.6	.	.	1.000	-831.880
17.1	.	.	1.000	4306.750
17.2	.	.	1.000	3032.010
17.3	.	.	1.000	1757.270
17.4	.	.	1.000	482.530
17.5	.	.	1.000	-792.210
17.6	.	1.000	1.000	-2066.950
18.1	.	.	1.000	445.360
18.2	.	.	1.000	36.590
18.3	.	.	1.000	-372.180
18.4	.	.	1.000	-780.950
18.5	.	.	1.000	-1189.720
18.6	.	.	1.000	-1598.490
19.1	.	.	1.000	16838.140
19.2	.	.	1.000	13667.570
19.3	.	.	1.000	10497.000

19.4	.	.	1.000	7326.430
19.5	.	.	1.000	4155.860
19.6	.	1.000	1.000	985.290
20.1	.	.	1.000	1875.390
20.2	.	.	1.000	1315.880
20.3	.	.	1.000	756.370
20.4	.	.	1.000	196.860
20.5	.	.	1.000	-362.650
20.6	.	1.000	1.000	-922.160
21.1	.	.	1.000	2064.270
21.2	.	.	1.000	1412.120
21.3	.	.	1.000	759.970
21.4	.	.	1.000	107.820
21.5	.	.	1.000	-544.330
21.6	.	.	1.000	-1196.480
22.1	.	.	1.000	-1248.310
22.2	.	.	1.000	-1349.140
22.3	.	.	1.000	-1450.470
22.4	.	.	1.000	-1549.980
22.5	.	.	1.000	-1651.630
22.6	.	1.000	1.000	-1752.460

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	-1.738E+4	+INF	.
Z	**VARIABLE A SER MAXIMIZADA**			

---- VAR NRK	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1	.	0.035	+INF	.
2	.	0.035	+INF	.
3	.	0.003	+INF	.
4	.	0.015	+INF	.
5	.	0.004	+INF	.
6	.	0.042	+INF	.
7	.	0.005	+INF	.
8	.	0.004	+INF	.
9	.	0.015	+INF	.
10	.	0.010	+INF	.
11	.	0.009	+INF	.
12	.	.	+INF	EPS
13	.	.	+INF	EPS
14	.	.	+INF	EPS
15	.	.	+INF	EPS
16	.	.	+INF	EPS
17	.	.	+INF	EPS
18	.	.	+INF	EPS
19	.	.	+INF	EPS
20	.	.	+INF	EPS
21	.	.	+INF	EPS
22	.	.	+INF	EPS

\*\*\*\* REPORT SUMMARY :      0 NONOPT  
                                  0 INFEASIBLE  
                                  0 UNBOUNDED

EXECUTING

---- 130 VARIABLE X.L      \*\*VARIABLES INDEPENDENTES BINARIAS\*\*  
          6  
 1      1.000

6 1.000  
8 1.000  
9 1.000  
12 1.000  
13 1.000  
15 1.000  
17 1.000  
19 1.000  
20 1.000  
22 1.000

---- 130 VARIABLE NRK.L

1) 0.035, 2) 0.035, 3) 0.003, 4) 0.015, 5) 0.004, 6) 0.042  
7) 0.005, 8) 0.004, 9) 0.015, 10) 0.010, 11) 0.009

---- 130 VARIABLE Z.L = -17376.000 \*\*VARIABLE A SER MAXIMIZADA\*\*

\*\*\*\* FILE SUMMARY

INPUT C:\GAMS\LIBLL.GMS  
OUTPUT C:\GAMS\LIBLL.LST

EXECUTION TIME = 0.007 MINUTES