

**MARK MINOWA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM  
PROJETO LOGÍSTICO EM UMA EMPRESA SIDERÚRGICA**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para a obtenção do Diploma de Engenheiro  
de Produção

Orientador: Prof. Álvaro Euzébio Hernandez

**São Paulo**

**2005**

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Minowa, Mark**

**Avaliação da viabilidade econômica de um projeto logístico  
em uma empresa siderúrgica / M. Minowa. -- São Paulo, 2005.  
p. 91**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Engenharia econômica 2.Avaliação econômica 3.Simulação  
(Estatística) 4.Risco I.Universidade de São Paulo. Escola  
Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Aos meus pais, pelo carinho, pelo suporte e  
pela compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer às seguintes pessoas que me apoiaram e me auxiliaram nesta longa jornada até este exato momento:

Aos meus pais e minhas irmãs pela compreensão e pelo suporte contínuo.

Aos meus amigos que, com certeza, tiveram um importante papel na minha formação acadêmica e pessoal.

Ao professor Álvaro Euzébio Hernandez, por sua orientação e proveitosa discussões que me levaram à uma melhor compreensão dos temas abordados.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>A EMPRESA .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Visão Geral.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Processo Produtivo .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.3</b>	<b>Produtos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>CONDIÇÕES DO ESTÁGIO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>TRABALHO A SER DESENVOLVIDO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Contexto do problema .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivo do Trabalho .....</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>O PROJETO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>SITUAÇÃO ATUAL.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Transporte de redutores .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Transporte de produtos siderúrgicos para exportação.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>PROPOSTA DO PROJETO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1</b>	<b>A Flexibilização.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Investimentos .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Despesas Adicionais .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Despesas Evitadas .....</b>	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>MÉTODOS E CONCEITOS DE ANÁLISE ECONÔMICA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Situação de um Investimento Ideal .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Taxa Mínima de Atratividade .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Valor Presente Líquido .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Valor Uniforme Líquido.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Análise Incremental (ou Diferencial) .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.6</b>	<b>Taxa Interna de Retorno .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1.7</b>	<b>Taxa Interna de Retorno Modificada .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.8</b>	<b>Prazo de Recuperação Descontado (<i>Payback Descontado</i>).....</b>	<b>41</b>

3.1.9	Benefício-Custo .....	42
3.1.10	Discussão dos Métodos .....	44
3.2	TRATAMENTO DO RISCO.....	47
3.2.1	Média-Variância .....	48
3.2.2	Risco na Taxa de Desconto .....	48
3.2.3	Probabilidade de Perda .....	49
3.3	SIMULAÇÃO .....	50
3.3.1	Tipos de Simulação .....	53
3.3.2	A Simulação Com o Auxílio Computacional.....	54
3.3.3	O Método de Monte Carlo .....	55
3.3.4	Distribuições de Probabilidade das Variáveis de Entrada .....	55
3.3.5	Correlação Entre as Variáveis Aleatórias .....	56
4.	MODELAGEM DO PROBLEMA.....	58
4.1.1	Considerações Iniciais do Modelo .....	59
4.1.2	Objetivo do Modelo .....	62
4.1.3	Estudo Probabilístico.....	62
5.	APLICAÇÃO DO MODELO AO PROJETO .....	72
5.1.1	Hipóteses do Projeto.....	72
5.1.2	Resultados.....	77
6.	COMENTÁRIOS.....	80
7.	CONCLUSÃO.....	86
8.	ANEXO A – DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE.....	88
9.	ANEXO B – ENTRADAS E SAÍDAS DO MODELO.....	89
10.	ANEXO C - DEMONSTRATIVO DE RESULTADO.....	92
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

## APÊNDICE I – SAÍDAS DA SIMULAÇÃO

## **RESUMO**

O presente estudo uniu os conceitos de análise econômica e risco com o principal objetivo de mostrar que, dessa forma, o tomador de decisões terá mais informações e dados disponíveis para escolher a melhor alternativa que se enquadre às necessidades da empresa. Além disso, mostrou-se que este tipo de análise pode se tornar uma potente ferramenta para gerenciar a estratégia de uma empresa.

## **ABSTRACT**

The current study has joined the concepts of economic analysis and risk to show that, by using them, the decision maker will have more data available to choose the best alternative, which better fits the company's needs. Moreover, it has been showed that this kind of analysis could become a powerful strategy manager tool of a company.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustração 1</b>	Vagão GDS .....	<b>19</b>
<b>Ilustração 2</b>	Vagão PES .....	<b>20</b>
<b>Ilustração 3</b>	Valor Uniforme Líquido.....	<b>33</b>
<b>Ilustração 4</b>	Fluxos de caixa em função do custo de capital.....	<b>46</b>
<b>Ilustração 5</b>	Exemplo de curva de probabilidade de perda .....	<b>70</b>
<b>Ilustração 6</b>	Exemplo de gráfico de análise de sensibilidade .....	<b>71</b>
<b>Ilustração 7</b>	Saída do modelo – Gráfico de probabilidade de perda .....	<b>78</b>
<b>Ilustração 8</b>	Saída do modelo – Gráfico de análise de sensibilidade .....	<b>79</b>
<b>Ilustração 9</b>	Saída do modelo – Probabilidade de perda.....	<b>81</b>
<b>Ilustração 10</b>	Simulação com fretes como variáveis determinísticas .....	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1 Exemplo de fluxo incremental .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabela 2 DRE Simplificado .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabela 3 Investimentos .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabela 4 Despesas adicionais.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 5 Despesas Evitadas .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 6 Parametrização da variável demanda/exportação .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 7 Correlação demanda/exportação .....</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 8 Parametrização das variáveis manutenção e demurrage .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 9 Parametrização da variável frete .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 10 Distribuição de probabilidade discreta do frete .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 11 Correlação fretes .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabela 12 Modelo - Investimentos .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 13 Modelo – Mão-de-obra .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 14 Modelo - Seguro .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabela 15 Modelo - Manutenção.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 16 Modelo – Parâmetros da manutenção .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 17 Modelo –Demurrage.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 18 Modelo – Parâmetros demurrage .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 19 Parâmetros fretes .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 20 Parâmetros demanda/exportação.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 21 Saída – Valores esperados das variáveis .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 22 Saída – Valor esperado do VPL .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabela 23 Análise determinística .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabela 24 Nova simulação – Fretes .....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE SIGLAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
DRE	Demonstrativo de Resultado
GAIV	Gerência de Análise de Investimentos
GCOM	Gerência Comercial
GIE	Gerência de Infra-Estrutura
GSUP	Gerência de Suprimentos
OEM	<i>Original Equipment Manufacturers</i>
TECAR	Terminal de Carvão
TECON	Terminal de Container
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIR?	Taxa Interna de Retorno do Fluxo de Caixa Incremental
TIRM	Taxa Interna de Retorno Modificada
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido
VPL?	Valor Presente Líquido do Fluxo de Caixa Incremental
VUL	Valor Uniforme Líquido
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de enriquecer os acionistas de uma empresa e de manter a sua saúde financeira, os tomadores de decisões têm a responsabilidade de escolher as alternativas que sejam as mais adequadas e necessárias para o presente e o futuro de uma companhia. Para isto, as decisões devem ser fortemente fundamentadas e estudadas para que os seus impactos sejam previstos ao longo do tempo.

Essas decisões podem ser referentes a dispêndios de capital, ou seja, desembolsos de fundos feitos pela empresa, com a expectativa de gerar benefícios no final de um período de tempo. Os motivos para estes dispêndios de capital podem surgir da necessidade da empresa em expandir, substituir ou modernizar as suas operações a fim de atender às tais necessidades futuras.

Porém, na maioria das vezes não existe apenas um caminho a ser percorrido. As empresas usualmente se deparam com diversas alternativas a serem seguidas. Segundo Grant, Ireson e Leavenworth (1982), a escolha de alternativas implica em diferentes investimentos e em diferentes expectativas de receitas e despesas. E sobre estes aspectos, surgem os questionamentos sobre a viabilidade econômica e os riscos inerentes às alternativas. Gitman (2002), por sua vez, refere-se à maximização do lucro de uma empresa como algo estritamente dependente do fluxo de caixa disponível aos acionistas e ao risco dos projetos de investimentos da empresa. Assim, torna-se evidente que uma correta avaliação econômica de um dado projeto deve levar em consideração tanto o cálculo das entradas e saídas de caixa como também o risco, ou seja, da possibilidade de que os resultados realizados possam ser diferentes daqueles esperados.

Desta forma, este trabalho tem o intuito de estudar e desenvolver os métodos, os conceitos e os procedimentos necessários para fundamentar e auxiliar o processo de aceitação ou de rejeição de uma alternativa de investimento.

## 1.1 A EMPRESA

### 1.1.1 Visão Geral

A empresa onde este trabalho será realizado preferiu não ter seu nome divulgado, por isso, a partir deste ponto esta será denominada como a EMPRESA. Ela pode ser caracterizada como uma empresa nacional de grande porte que possui algumas subsidiárias operacionais no exterior. O seu principal *core business* é a siderurgia, porém apresenta alguns ativos em logística para auxiliar no fluxo operacional de seus materiais. O termo EMPRESA LOG será utilizado para denominar este ativo logístico da EMPRESA.

A EMPRESA, assim como a maioria das outras siderúrgicas integradas de grande porte do Brasil, foi fundada como uma empresa estatal. Após sua privatização, intensos investimentos para a modernização e expansão da produção foram efetuados de modo que seus produtos se tornassem competitivos em relação ao dos seus concorrentes estrangeiros em termos qualitativos e de preços.

O pólo siderúrgico brasileiro, situado em sua grande maioria na região Sudeste do Brasil, beneficia-se por estar próximo a grandes jazidas de minério de ferro de ótima qualidade e possuir uma boa infra-estrutura logística composta de um sistema de malhas ferroviárias e portos. Assim, segundo Porter (1987), a EMPRESA possui claramente uma vantagem competitiva com liderança em custo com relação às empresas estrangeiras.

### 1.1.2 Processo Produtivo

Para contextualizar o problema a ser resolvido será apresentada uma breve descrição do processo produtivo. A siderurgia, principal *core business* da EMPRESA, é o ramo de atividade dedicada à obtenção de ferro e suas ligas a partir de fontes primárias (minérios) ou secundárias (sucatas) de ferro.

As matérias primas básicas do processo siderúrgico são minério de ferro, carvão mineral e calcáreo, mas muitos outros insumos são empregados. O processo começa fora da usina com a seleção, compra e transporte de todos os materiais necessários. O primeiro passo é dispor os minérios de ferro e os carvões minerais em pilhas no pátio de matérias primas junto dos sistemas de transporte, que tem a função de encaminhar estes materiais aos locais de seu processamento.

Procura-se otimizar as misturas de minérios de ferro, como também as dos carvões minerais, objetivando menor custo com a melhor qualidade possível. Essa fase é feita através da formação de pilhas, com os minérios e os carvões dispostos em camadas horizontais em suas pilhas respectivas. Após a pilha estar concluída, esta é encaminhada para a sinterização, no caso dos minérios ou para a coqueria, no caso dos carvões minerais.

Na sinterização, o minério de ferro é aglomerado através de um processo que ocasiona uma ligação incipiente, a qual produz o colamento entre as partículas de minério de ferro, resultando o sinter, que, por sua vez, faz parte da carga que carregada no alto forno.

Os carvões minerais são encaminhados para a coqueria, onde a mesma sofre o processo de coqueificação, resultando o coque. O coque é um componente indispensável para o processo siderúrgico, pois atua como principal combustível e como o principal agente redutor do minério de ferro. Além disso, auxilia na sustentação da carga de alto forno devido à sua alta resistência mecânica.

Tanto o sinter como o coque são enviados para silos que têm sistemas dosadores, importantes na formulação da carga usada no processo de produção do ferro gusa, que é o produto resultante da redução de minério de ferro nos alto fornos. O ferro gusa, por sua vez, é enviado para a aciaria, onde é refinado a fim de se obter o aço líquido. Através de um processo chamado de lingotamento contínuo, o aço líquido é transformado em placas.

E, finalmente, as placas são submetidas à transformações mecânicas para obedecerem as dimensões requeridas através do processo de laminação a quente ou a frio, formando-se as chamadas bobinas ou tiras finas.

### 1.1.3 Produtos

Como uma das primeiras produtora de aços planos no Brasil, a EMPRESA teve um grande papel na formação e no desenvolvimento da indústria de base nacional. Atualmente, grande parte da sua receita ainda é proveniente do setor siderúrgico, fornecendo uma ampla gama de produtos para os mercados automotivos, de autopeças, embalagens, linha branca & OEM (Original Equipment Manufacturers) e construção civil.

Abaixo, segue a família de produtos da EMPRESA e a respectiva descrição de cada tipo de produto:

- Laminados a quente: são chapas laminadas a temperaturas elevadas. Normalmente, este processo é realizado com o aço aquecido na faixa de 1.100 a 1.150°C, temperatura na qual o material se encontra mais plástico e, portanto, mais fácil de ser trabalhado. As chapas laminadas a quente têm grande aplicação na fabricação de tubos, estruturas metálicas, máquinas e equipamentos agrícolas, veículos, botijões de gás, material ferroviário e naval.
- Laminados a frio: este produto é proveniente de um processo que reduz a espessura das chapas laminadas a quente, conferindo-lhes melhor qualidade superficial e características mecânicas adequadas ao uso final. A laminação a frio funciona de acordo com os mesmos princípios dos laminadores a quente , exceto pelo fato de que a deformação mecânica das chapas através dos cilindros se dá à temperatura ambiente. Este produto destina-se a construção de carrocerias de veículos leves, peças estampadas, tubos, perfilados, etc.
- Galvanizados: este produto consiste em chapas de aço laminadas a frio que recebem uma fina camada de zinco. A zincagem é realizada através do processo de imersão. Este revestimento confere proteção ao aço contra corrosão atmosférica e hídrica. As chapas galvanizadas são muito usadas em diversas aplicações, tais como telhas metálicas, construção civil, carrocerias de veículos, sistemas de condicionamento de ar, placas de sinalização, silos agrícolas, utilidades domésticas (fogão, geladeira, freezer), etc.

- Folhas metálicas: estas consistem em chapas laminadas a frio revestidas ou não, destinadas principalmente à produção de embalagens (latas) e rolhas metálicas (tampinhas de garrafa e similares). A grande maioria das folhas metálicas recebe algum tipo de revestimento, os de estanho e cromo/óxido de cromo são os mais utilizados. Dentre as revestidas, o estanho é aquele que mais se produz, e são comercialmente conhecidas como folhas-de-flandres.
- Produtos semi-acabados: Esta família de produtos engloba as placas e as chapas grossas. Estes se caracterizam por ser produtos de menor valor agregado, e se destinam principalmente à exportação.

## 1.2 CONDIÇÕES DO ESTÁGIO

O estágio teve início em março de 2005 na área de Gerência de Análise de Investimentos (GAIV). As principais responsabilidades e atividades desta área são análises de empresas para operações de fusão e aquisição, análise de financiamentos junto com grandes agentes financeiros (principalmente BNDES), análises de viabilidade econômica de grandes projetos nos negócios da EMPRESA (siderúrgico, logístico, mineração, energia, etc.) e, finalmente, acompanhamento e estudo do mercado siderúrgico nacional e internacional.

O presente trabalho será realizado em um projeto ao qual foi concedida total autonomia a este autor para desenvolver e solucionar o problema. Portanto, o acesso às informações e aos conhecimentos pertinentes ao projeto não será um empecilho para o sucesso do trabalho.

Assim, a realização deste estudo permitirá o melhor aprendizado dos conceitos já estudados na escola e que são rotineiramente utilizados nas atividades da área. Certamente este trabalho será útil para o desenvolvimento acadêmico e profissional deste autor.

## **1.3 TRABALHO A SER DESENVOLVIDO**

### **1.3.1 Contexto do problema**

No ano de 2004 e no início de 2005, o setor siderúrgico deparou com um forte aumento nos preços de suas principais matérias primas (72% no minério de ferro, 100% no carvão e 110% no coque), o que forçou as empresas a repassarem esses aumentos aos seus clientes.

Diante deste cenário, a EMPRESA buscou diversas alternativas para cortar alguns custos referentes a esses insumos, o que auxiliaria no ajuste das margens que as siderúrgicas possuíam antes desses aumentos. Vários estudos de redução de custos foram realizados em diferentes áreas da empresa. Dentre eles estão projetos em logística, mineração, siderurgia e energia. Recentemente, a aquisição de uma mina de carvão fora do território brasileiro foi amplamente estudada. A princípio, esta alternativa pareceu ser muito atraente, pois todo o carvão utilizado na EMPRESA é importado, devido, principalmente, ao fato do Brasil ser considerado um país pobre em carvão metalúrgico de boa qualidade. Entretanto, o custo logístico para movimentar grandes quantidades de carvão praticamente inviabilizou este projeto.

A análise de viabilidade econômica do projeto de aquisição de uma mina de carvão foi dividida em alguns estudos específicos menores. E, em um deles, em especial, foi possível detectar uma possível oportunidade para reduzir os custos logísticos da EMPRESA.

O transporte ferroviário entre a usina, na cidade A, com o porto, localizado na cidade B, é realizado pela EMPRESA LOG. O porto é o único destino do carvão e do coque importados utilizados pela EMPRESA, e por isso, ela possui um terminal de carvão, que será chamado de TECAR, onde a matéria-prima é estocada e carregada nos vagões com destino à usina. Além disso, grande quantidade de produtos siderúrgicos é exportada pelo TECON, que será o nome utilizado para denominar o terminal de contêineres da EMPRESA no porto.

Claramente, dois fluxos podem ser identificados no trecho entre o porto e a usina, o fluxo de redutores (carvão, coque, antracito e moinha) e o fluxo de produtos siderúrgicos. No

fluxo de redutores, o transporte ferroviário é realizado através de vagões graneleiros e para o transporte de produtos siderúrgicos o vagão utilizado é o do tipo plataforma. As informações e as características mais detalhadas dos vagões serão posteriormente explicadas. Atualmente, a matéria-prima estocada no TECAR segue para a usina através de vagões graneleiros, e após o descarregamento na cidade A, eles retornam vazios para o porto. Da mesma maneira, os produtos siderúrgicos são carregados na usina em vagões plataforma, são descarregados no TECON e, posteriormente, retornam vazios para a cidade A.

Assim, estuda-se implementar um vagão flexível que seja capaz de transportar tanto o carvão e o coque, quanto os produtos siderúrgicos. Para isso, a EMPRESA, junto com a EMPRESA LOG e os responsáveis pela administração do porto, comprometeram-se a analisar este projeto.

### **1.3.2 Objetivo do Trabalho**

Este trabalho teve como principal objetivo desenvolver uma ferramenta para estudar a viabilidade econômica do uso de vagões graneleiros adaptados, atualmente utilizados para o transporte de carvão e coque no fluxo porto-usina, para o transporte de produtos siderúrgicos no fluxo usina-porto. Vale salientar de que esta análise possui o intuito de avaliar exclusivamente o projeto de flexibilização dos vagões, excluindo assim outras possíveis alternativas de transporte modal entre a usina e o porto.

Para uma correta avaliação do projeto seria imprescindível ao trabalho a utilização de dados e hipóteses confiáveis. Porém, algumas das variáveis consideradas no projeto possuem comportamentos aleatórios, isto é, os seus valores no futuro não podem ser previstos de forma trivial. Assim, para apoiar o principal objetivo deste trabalho foram utilizadas simulações probabilísticas de forma a prover melhores condições para a análise destas variáveis.

Com isso pretende-se mostrar que o estudo do risco pode agregar à análise econômica convencional diversas outras informações que possibilitam a melhor compreensão do problema e dos fatores que afetam a sua performance.

## 2. O PROJETO

Grande parte do coque utilizado como combustível e como agente redutor nos altos fornos da EMPRESA são provenientes de produção própria na coqueria. Porém, parte do coque também é proveniente de importação. Assim, o volume transportado de carvão é relativamente maior do que o de coque. A média histórica mostra que do volume total de redutores importados, 80% corresponde ao carvão e 20% ao coque.

Conforme explicitado anteriormente, o coque proveniente tanto da coqueria como das importações devem estar sempre disponíveis para abastecer o alto forno, que permanece operando ininterruptamente. O seu desligamento demandaria muito tempo improdutivo à EMPRESA para que este retornasse à sua normalidade operacional. Por isso, o abastecimento contínuo da usina por esses produtos torna-se extremamente vital para que a EMPRESA possa atender corretamente a sua demanda por produtos siderúrgicos.

Inversamente às matérias primas, os produtos siderúrgicos devem ser encaminhados da usina para o porto de forma a obedecer às datas de embarque nos navios e, consequentemente, atender de forma correta aos pedidos nos pontos de destino no exterior.

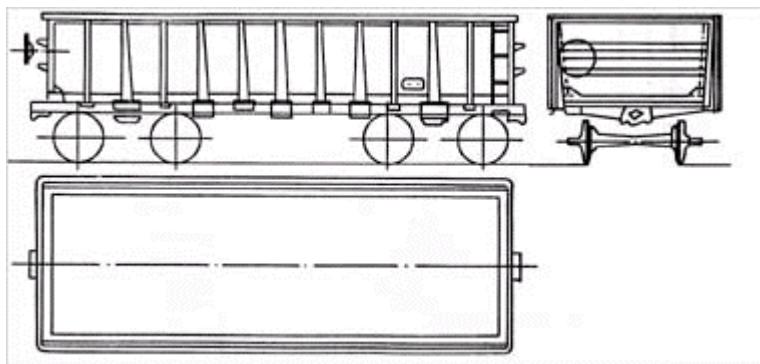
### 2.1 SITUAÇÃO ATUAL

#### 2.1.1 Transporte de redutores

O transporte de redutores entre o porto e a usina pode ser considerado cativo, isto é, somente um tipo de modal é utilizado. Neste caso, o modal empregado é o ferroviário, devido ao grande volume de produtos transportados e à rica malha ferroviária da região.

O fluxo é contínuo, ocorrendo durante 364 dias ao ano, 24 horas por dia. O ritmo empregado na SITUAÇÃO ATUAL é de aproximadamente 12 mil toneladas de redutores por dia.

Uma composição de redutores é composta por vagões graneleiros GDS e por locomotivas SD 38. No total são 72 vagões graneleiros e 2 locomotivas por composição.



**Ilustração 1      Vagão GDS**

Da totalidade dos vagões utilizados, aproximadamente 90% são de propriedade da EMPRESA, o que corresponde a 330 vagões. O restante dos vagões utilizados são de propriedade da EMPRESA LOG.

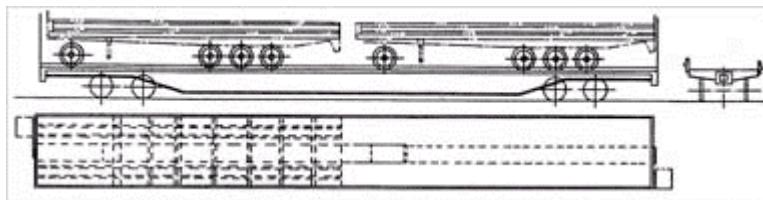
O abastecimento de carvão metalúrgico e de coque pode ser considerado um processo que se inicia no recebimento desses produtos no terminal (TECAR) da EMPRESA situado no porto e termina na descarga destes nos entrepostos da usina. Os vagões graneleiros vazios, por sua vez, retornam ao TECAR, finalizando assim, o ciclo do transporte de redutores.

### **2.1.2 Transporte de produtos siderúrgicos para exportação**

O transporte de produtos siderúrgicos também pode ser considerado cativo, pois este é exclusivamente efetuado por apenas um tipo de modal. Neste caso o modal ferroviário é responsável pelo transporte de 100% do volume de produtos para o porto.

Apesar do volume menor transportado neste ciclo, este também pode ser considerado contínuo, ou seja, sempre há a necessidade de estar abastecendo os estoques do TECON, devido à demanda proveniente de diferentes países.

Os vagões plataforma PES são utilizados neste ciclo para o transporte de bobinas e chapas de aço. Todos os vagões PES utilizados neste ciclo são de propriedade da EMPRESA LOG, que se responsabiliza por todas as despesas e gastos dos vagões. Portanto, para utilizar este serviço a EMPRESA paga um frete de R\$ 9,74 por tonelada de produtos siderúrgicos transportados.



**Ilustração 2      Vagão PES**

O processo de exportação se inicia no carregamento dos vagões nos entrepostos da usina e termina apenas no descarregamento destes no TECON. Assim como no ciclo de redutores, os vagões plataforma, após serem descarregados no TECON, retornam vazios para a usina.

## 2.2 PROPOSTA DO PROJETO

Devido à necessidade de redução de custos para o reajuste da margem, a EMPRESA encontrou uma possível oportunidade para reduzir os gastos de transporte das matérias primas e dos produtos acabados através da flexibilização dos vagões graneleiros que será explicada de forma mais detalhada nos próximos tópicos.

Esta oportunidade surgiu de outros projetos logísticos envolvendo a EMPRESA LOG e a EMPRESA. Uma força tarefa que mobilizou pessoas da usina, da ferrovia, do porto e do escritório administrativo central foi montada para realizar um estudo prévio para avaliar a viabilidade técnico-financeira do projeto. A área de Gerência de Análise de Investimentos

(GAI) restringiu-se a colaborar desenvolvendo apenas um modelo para analisar a viabilidade econômica do projeto.

Grande parte das informações para a modelagem do problema será proveniente da área de Gerência de Infra-Estrutura (GIE), que é responsável pela logística da EMPRESA.

### **2.2.1 A Flexibilização**

A flexibilização dos vagões graneleiros terá o intuito de possibilitar o transporte, tanto de produtos redutores quanto de produtos siderúrgicos acabados no mesmo vagão.

Existem diversos aspectos e entraves que foram levados em consideração para o levantamento dos investimentos, das despesas incorridas e das despesas evitadas. Além da adaptação propriamente dita nos vagões, outras adaptações e mudanças devem ser realizadas na infra-estrutura do trecho usina-porto para possibilitar o transporte das matérias primas e dos produtos acabados em um mesmo vagão. A seguir, estão descritas todas as mudanças e adaptações relevantes para a análise em questão.

#### **Adaptação dos Vagões**

Como dito anteriormente, os vagões que devem sofrer mudanças são os graneleiros, e a principal adaptação a ser feita nasce da diferença de densidade dos dois tipos de produtos transportados. Tanto o carvão quanto o coque possuem densidades expressivamente menores do que uma bobina ou uma chapa de aço, devido simplesmente à estrutura física de cada tipo de produto.

Como consequência, os produtos siderúrgicos, com o seu peso, exercem forças concentradas na estrutura da base do vagão. Para suportar tais forças, os vagões plataformas

(PES), além de possuírem uma base com uma espessura mais grossa, recebem reforços adicionais.

Diferentemente dos PES, os vagões GDS não necessitam dos tais reforços, pois, quando cheios, as forças atuam uniformemente ao longo da área da base do vagão. Assim, para que os vagões GDS suportem o peso das bobinas de aço, é necessário que reforços extras na base do vagão sejam colocadas.

Existe outro aspecto, não menos importante, que deve ser levado em consideração neste projeto: a forma de carregamento dos vagões. No caso do GDS, o carvão e o coque são carregados por cima e no PES os produtos siderúrgicos são colocados na plataforma por cima ou lateralmente.

A equipe técnica responsável pelo desenvolvimento do projeto de adaptação ponderou a dificuldade de se carregar produtos siderúrgicos em um vagão GDS com relação ao carregamento em um vagão PES convencional. Alguns testes foram realizados com um vagão GDS reforçado, e constatou-se que com a supervisão atenta de dois funcionários no momento do carregamento de uma bobina, o processo se torna seguro e relativamente rápido.

Porém, um dos pontos críticos seria a possibilidade de danos tanto nos produtos acabados quanto na estrutura do vagão em caso de choque, o que, certamente seria um prejuízo para a empresa. No primeiro caso a empresa correria o risco de refugar a peça e, consequentemente atrasar uma ordem de pedido de exportação, e no segundo, a estrutura do vagão poderia ser afetada, o que ocasionaria despesas adicionais de manutenção.

Para tentar contornar os fatos acima, outra possibilidade de modificação foi cogitada. A possibilidade de choque das peças com as laterais do vagão poderia ser minimizada caso uma das laterais fosse removida. Com isso, o vagão seria carregado por cima ou lateralmente, além disso, o acesso para colocação de proteções e de fixação dos produtos pelos funcionários seria facilitado. Assim, a modificação consistiria no desenvolvimento de um sistema que possibilitasse a remoção e posteriormente a recolocação da lateral de uma maneira rápida e barata.

Diante desta possibilidade, a EMPRESA, em conjunto com a EMPRESA LOG, desenvolveu um protótipo de um vagão com uma das laterais contendo um sistema de

remoção rápida. Através de testes, comprovou-se que o risco de choque diminui. Porém o processo de remoção e de colocação de uma das laterais de um vagão demandaria muito tempo. Em um transporte contínuo e de grande volume como este, a alternativa da lateral removível mostrou-se inviável técnica e operacionalmente. Assim, para minimizar este problema, uma solução será apresentada no próximo tópico.

### **Adaptação nos Entrepastos**

As mudanças não se restringem apenas aos vagões. Para que este projeto seja viável, alguns outros pontos também devem ser levados em consideração, principalmente nos entrepostos de recebimento e carregamento dos vagões.

O carvão metalúrgico e o coque são materiais duros e extremamente sujos. Com isso, decorrente da sujeira e dos resquícios deixados pelos redutores após o seu transporte, os vagões graneleiros devem passar por um processo de limpeza rápida a fim de evitar eventuais estragos nos produtos siderúrgicos.

Dependendo do nível de valor agregado às bobinas e dos seus mercados de destino, estas são protegidas com um plástico, cuja principal finalidade é proteger o produto contra a corrosão e sujeira. Assim sendo, as bobinas protegidas não seriam prejudicadas caso estas fossem transportadas em vagões sujos. Porém, os produtos semi-acabados que não recebem nenhum tipo de proteção física ao serem transportados e as bobinas não protegidas, podem ter sua qualidade afetada devido ao contato contínuo com o carvão e com o coque. Os restos de redutores remanescentes no vagão graneleiro podem causar alguns danos, mesmo que superficiais, à qualidade dos produtos siderúrgicos.

Duas alternativas foram estudadas para manter a qualidade dos produtos de aço durante o transporte destes até o porto. Uma das alternativas estudadas foi de replicar o processo de proteção para todos os produtos. Apesar de simples, este processo requer um investimento relativamente alto, frente à outra alternativa. Os equipamentos que efetuam este processo são caros, pois possuem um certo grau de automatização. Além disso, existe o custo

variável que seria acrescido relativo à aquisição de plástico. Como será explicada a seguir, a segunda alternativa mostrou-se mais atraente tanto técnica quanto financeiramente.

O descarregamento de um vagão GDS no entreposto de carvão e de coque na usina é efetuado por um sistema denominado *car-dumper*. O vagão, com a matéria prima, sofre uma rotação com relação ao eixo que passa aproximadamente no centro das laterais menores do vagão. Os redutores, por gravidade, são colocadas em esteiras que transportam o carvão e o coque para os seus respectivos pátios de armazenamento. Assim, ainda no *car-dumper*, logo que os vagões retornarem à posição normal, alguns empregados seriam responsáveis pela limpeza para retirar de forma rápida e eficiente, os materiais remanescentes. Para isto, será utilizada água pressurizada.

Atualmente, no local onde o *car-dumper* se encontra não há instalações hidráulicas e muito menos de drenagem de água. Por isso, pretende-se construir uma estrutura constituída basicamente de uma máquina de pressão e tubulações de água e esgoto. Vale salientar que se estuda utilizar água que foi utilizada em algum outro ponto da usina e que possui condições de ser reaproveitada para este processo de limpeza.

Conforme citado no tópico anterior (Adaptação dos Vagões), no momento do carregamento e do descarregamento de produtos siderúrgicos existe o risco operacional de choque entre um produto e o vagão, decorrente principalmente de algum problema na manipulação da ponte rolante, por exemplo. Testes revelaram que o processo de carregamento e de descarregamento de um vagão graneleiro com uma bobina ou com uma chapa torna-se seguro quando existe o apoio de duas pessoas que se incumbem exclusivamente de dar suporte visual ao operador da ponte rolante. Então, a alternativa que melhor satisfez as necessidades de segurança foi a construção de duas plataformas (uma em cada lado dos trilhos) nos pontos onde atualmente são efetuados o recebimento e o despacho.

Além de facilitar a supervisão, esta plataforma torna mais acessível aos empregados a entrada no vagão. Isso é necessário pois, por prevenção, é colocada uma fixação, colocando-se calços de segurança, com o intuito de evitar movimentos indesejados dos produtos, causados principalmente pelo balanço do trem em movimento. E no caso de descarregamento, é necessário que alguém entre para justamente retirar esses calços.

## 2.2.2 Investimentos

Diante das adaptações e mudanças listadas acima, os investimentos necessários para o projeto compreendem as adaptações que devem ser realizadas em cada vagão, o entreposto de limpeza (sistema de drenagem e estrutura hidráulica) e as plataformas para auxiliar no embarque e desembarque de produtos siderúrgicos.

## 2.2.3 Despesas Adicionais

O projeto ainda prevê um aumento nas despesas por conta das mudanças na rotina deste processo de transporte. Estas podem ser divididas em despesas fixas e variáveis.

### **Despesas Fixas**

#### **a) Mão de obra:**

Com as mudanças realizadas nos entrepostos, o projeto prevê a contratação de mão de obra extra para suprir a nova demanda de trabalho.

A criação de postos de trabalho se dará principalmente no processo de recebimento no porto e de carregamento na usina de produtos siderúrgicos. A principal atividade destes novos empregados será a de supervisionar e dar apoio aos operadores das pontes rolantes no momento de colocação ou retirada dos produtos do vagão. Além disso, o processo de fixação dos produtos com calços de segurança nos vagões, também serão realizados por eles.

Novos postos de trabalho também deverão ser implementados com a criação do entreposto de limpeza, próximo ao *car-dumper*.

Os vagões, após as devidas adaptações, serão mais exigidos estruturalmente pelo fato de estarem sendo utilizados por mais tempo que na situação antiga e também por causa do

perfil estrutural diferente dos produtos carregados. Assim, espera-se que a efetuação de uma manutenção preventiva e corretiva nos vagões seja mais ampla. Para conseguir suprir esta necessidade seriam necessários técnicos especializados para realizar esta manutenção.

**b) Seguro:**

Com a flexibilização dos vagões GDS, espera-se que o desgaste e o risco a acidentes que possam causar danos a eles aumentem. Por isso, pelos termos de contrato do seguro dos vagões, espera-se haver um reajuste do valor anual pago atualmente pelos vagões de propriedade da EMPRESA.

## Despesas Variáveis

**a) Manutenção:**

Conforme explicado anteriormente, a manutenção preventiva e corretiva será maior devido à maior exigência dos vagões.

**b) *Demurrage*:**

Outra despesa variável adicional está relacionada com o aumento da *demurrage* dos navios, que acarreta no aumento da quantia das multas cobrado pelo armador no porto. Antes de prosseguir no detalhamento desta despesa adicional achou-se conveniente explicar brevemente o conceito de *demurrage*.

Nos afretamentos de navios define-se, entre outros muitos detalhes, o tempo necessário ao embarque de uma mercadoria no porto de origem, o que depende da prancha de embarque em determinado porto, que é a capacidade de colocação de carga a bordo, medida em dias ou em horas, e o tempo necessário ao desembarque no porto de destino, medido da mesma forma. Esse tempo é denominado como sendo a *demurrage* dos navios e é estabelecido no contrato entre as partes e deve ser cumprido pelo embarcador e pelo recebedor da mercadoria.

A multa cobrada pelo aumento da *demurrage* é determinada por dia, de acordo com os custos do armador, e visa cobrir os gastos do navio pela sua retenção nos portos, em

compensação a não estar navegando, transportando mercadoria e cobrando o frete correspondente. No final do embarque e do desembarque, conta-se o tempo utilizado, em dias, horas e minutos, e compara-se com aquele definido para utilização, sendo a diferença cobrada pelo armador.

#### **2.2.4 Despesas Evitadas**

##### **a) Frete:**

Este projeto está sendo implementado pois existe uma possibilidade de se evitar uma dada despesa, que, por sua vez, compensaria todas as despesas adicionais e investimentos oriundos do projeto. Neste caso, as despesas evitadas são originadas da diferença do frete cobrado pela EMPRESA LOG da situação atual para a situação proposta pelo projeto.

Na situação atual, as despesas incorridas para que os vagões retornem vazios à usina ou ao porto estão, de certa forma, “embutidas” no frete cobrado para o transporte dos produtos. Com este projeto portanto, a EMPRESA LOG estaria eliminando esses trechos ociosos e, consequentemente, as despesas dos vagões vazios. Assim, de acordo com especialistas da EMPRESA LOG, os fretes praticados atualmente sofrerão reduções, caso o projeto de flexibilização seja implementado.

De acordo com o modelo tarifário de 2005, o frete atual praticado pela EMPRESA LOG é de R\$ 9,64 por tonelada de carvão, R\$ 14,14 por tonelada de coque e de R\$ 9,74 por tonelada de produtos siderúrgicos. Está em curso, na EMPRESA LOG, um estudo para determinar qual seria o novo frete caso haja a flexibilização dos vagões.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes de iniciar o processo de resolução do problema, faz-se necessário a apresentação dos principais conceitos e métodos disponíveis para fundamentar teoricamente este estudo.

Primeiramente, diversos métodos utilizados para avaliações econômicas de investimentos serão explicados, para que posteriormente, aquele que se mostrar o mais adequado ao escopo deste trabalho seja escolhido. Em seguida, o conceito de risco e seu tratamento serão descritos. E finalmente, o processo de simulação, mais em especial o método de Monte Carlo, será explicado.

Portanto, todos os métodos apresentados a seguir devem buscar atender os objetivos delineados no início deste trabalho, que são: analisar economicamente a viabilidade de um investimento e agregar ao estudo a mensuração do risco inerente ao projeto.

#### 3.1 MÉTODOS E CONCEITOS DE ANÁLISE ECONÔMICA

Avaliações de projetos podem ser realizadas através de inúmeros critérios numéricos. Como se sabe, os projetos de investimentos requerem um desembolso inicial para que uma seqüência futura de entrada de caixa seja gerada. Portanto, estes métodos têm como principal finalidade analisar numericamente a viabilidade e a rentabilidade dos projetos frente ao fluxo de caixa gerado por cada um. A seguir, estão os principais métodos usualmente utilizados para a avaliação de projetos:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Valor Uniforme Líquido (VUL);
- Análise Incremental (ou Diferencial);
- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM);

- Prazo de Recuperação do Investimento (*Payback*);
- Benefício-Custo.

Dependendo da natureza do problema a ser resolvido, cada método possui seus pontos positivos e negativos. Assim, logo após a apresentação e a explicação de cada um deles, há uma ponderação sobre cada conceito a fim de fundamentar a escolha daqueles que são os mais adequados para o escopo deste trabalho.

### **3.1.1 Situação de um Investimento Ideal**

Para a análise da viabilidade econômica deste trabalho assume-se um mercado de capitais perfeito e estável. Neste cenário, uma empresa tem acesso ilimitado de fundos a uma taxa de juros corrente de mercado, ou a empresa tem caixa o suficiente para aceitar todos os investimentos rentáveis possíveis.

Além disso, deve-se ter total certeza sobre um investimento, ou seja, a empresa deve ter total conhecimento dos aspectos que influem nos fluxos de caixa do projeto, evitando assim, possíveis distorções nos resultados da análise por causa de incertezas na avaliação.

### **3.1.2 Taxa Mínima de Atratividade**

O valor do dinheiro no tempo para cada empresa é expresso por um parâmetro denominado taxa mínima de atratividade (TMA), usualmente chamado também de taxa de desconto. Essa taxa é específica para cada empresa e representa a taxa de retorno que ela está disposta a aceitar em um investimento de risco para abrir mão de um retorno certo num investimento sem risco no mercado financeiro.

De acordo com Grant, Ireson e Leavenworth (1982), existem alguns fatores relevantes que devem ser considerados para se determinar a TMA de uma empresa ao longo de um período de tempo.

- A disponibilidade de capital para investimentos e suas fontes (capital próprio ou empréstimos).
- As alternativas de investimento disponíveis.
- Os riscos nas diferentes alternativas de investimento disponíveis.
- As diferenças do tempo necessário para que se recupere um investimento a uma taxa de juros aceitável.
- Os aspectos que influem no custo de capital, que vão desde as taxas de juro pagas por uma caderneta de poupança, até a rentabilidade dos títulos do governo.

Assim, a TMA de uma empresa deve ser fixada cuidadosamente, levando em consideração todos esses fatores relevantes, pois muitas decisões que irão afetar a saúde financeira de longo prazo de uma empresa serão baseadas na TMA estabelecida.

### **3.1.3 Valor Presente Líquido**

O valor presente líquido (VPL) tem como principal finalidade expressar se os retornos gerados ao longo da vida útil do projeto são maiores ou menores do que sua necessidade de investimentos.

Desta forma, o VPL calcula o valor referente ao somatório do valor presente das parcelas periódicas e dos investimentos necessários desse projeto no instante considerado inicial. As parcelas, por sua vez, podem ser definidas como a diferença entre a receita e o custo operacional incorridos em cada período.

Esses fluxos de caixa são descontados pela TMA, pois assim definirão o retorno mínimo que este projeto deve obter para manter inalterado o valor de mercado da empresa (GITMAN, 2002). Esta taxa é freqüentemente chamada também de taxa de desconto.

Assim, o VPL de um fluxo de caixa de um projeto pode ser calculado pela eq. 1 a seguir.

$$(1) \quad VPL = \sum_{0}^{n} \frac{P_n}{(1+i)^n}$$

Onde: VPL = valor presente líquido de um fluxo de caixa.

n = número de períodos que se quer analisar.

$P_n$  = parcelas periódicas (receitas – custos).

i = TMA (ou taxa de desconto).

Antes de explicar o critério de decisão do VPL, as escolhas das melhores alternativas ainda devem ser classificadas em mutuamente excludentes ou não mutuamente excludentes. Caso as alternativas existentes para o investimento, por alguma razão técnica ou financeira, forem consideradas mutuamente excludentes, a aceitação de uma excluiria a aceitação das outras. Porém, caso haja um racionamento de capital ou independência técnica entre as alternativas, estes poderão ser considerados como não sendo mutuamente excludentes. E neste último cenário, procurar-se-ia a maximização de uma carteira de projetos selecionados entre as alternativas disponíveis para investimento.

### Critério de Decisão do VPL

Caso o VPL de um determinado projeto seja maior que zero, a empresa estará obtendo um retorno superior ao seu custo de capital (TMA), majorando assim o valor econômico da empresa na qual este projeto está sendo realizado. Porém, se o VPL tiver um valor negativo, o projeto deverá ser rejeitado.

## Comentários do Método do Valor Presente Líquido

Apesar do VPL ser o método mais utilizado para avaliações econômicas de investimento nas empresas, este método possui alguns pontos negativos que merecem ser citados.

De acordo com Gitman (2002), os responsáveis pelas decisões nas empresas tendem a achar o VPL mais difícil de ser utilizado. Grande parte desta dificuldade se explica porque, teoricamente, o VPL não mede os benefícios em relação ao montante investido. Em outras palavras, este método, na realidade, não mede a taxa de rentabilidade das entradas de caixa com relação aos investimentos realizados.

Outro ponto a ser observado é a vida útil dos projetos analisados. O VPL não pode ser utilizado diretamente quando existem duas alternativas de investimento com durações distintas. Antes de aplicar o método em questão, deve-se tomar o cuidado de igualar as durações das alternativas. De acordo com Hirschfeld (2000, p. 114) existem duas maneiras que possibilitam a comparação: “cortar parte de uma das alternativas ou de ambas, ou adotar como duração final comum das duas alternativas o mínimo múltiplo comum das duas durações originais”. Nos casos em que se pode assumir que existe a repetitividade dos ciclos originais dos fluxos de caixa, é preferível a utilização do mínimo múltiplo comum.

Apesar dos pontos negativos acima, o VPL tem uma grande vantagem. Implicitamente ao cálculo, todas as entradas de caixa intermediárias geradas ao longo da vida útil do projeto são reinvestidas ao custo de capital da empresa (TMA), diferentemente de outros métodos. Este ponto será novamente discutido com mais detalhes no momento da discussão dos métodos (ver 3.3).

### 3.1.4 Valor Uniforme Líquido

Dado um fluxo de caixa com uma série de valores diferentes ao longo de um período, o valor uniforme líquido calcula um fluxo de caixa de valores constantes ao longo do mesmo período e com o mesmo VPL do primeiro fluxo.

Assim, o VUL de um fluxo de caixa de um projeto pode ser calculado a partir do VPL do mesmo pela eq. 2 a seguir.

$$(2) \quad \boxed{VUL = VPL \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]}$$

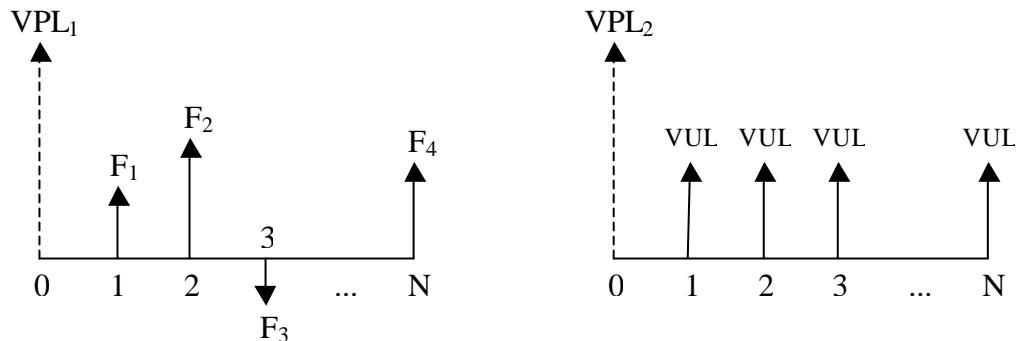
Onde: VPL = valor presente líquido do fluxo de caixa.

VUL = valor uniforme líquido do fluxo de caixa.

n = número de períodos que se quer analisar.

i = TMA (ou taxa de desconto).

Este conceito pode ser melhor entendido com a representação gráfica a seguir.



$$VPL_1 = VPL_2$$

**Ilustração 3**    **Valor Uniforme Líquido**

## Critério de decisão do VUL

Para que o VUL seja positivo, os valores uniformes dos benefícios (positivos) devem ser maiores do que os valores uniformes dos custos (negativos) a uma dada TMA. E neste caso, o projeto deve ser aceito. Caso contrário, se o VUL for negativo, a alternativa deve ser rejeitada.

## Comentários do Método do Valor Uniforme Líquido

Por ser considerada uma variação do método do VPL, o VUL possui praticamente as mesmas vantagens e desvantagens com relação ao primeiro método. Exceto pelo fato de que o VUL pode ser utilizado quando as alternativas possuem vidas úteis diferentes, sem nenhuma necessidade de um tratamento prévio dos números.

Além disso, as pessoas tendem a compreender e aceitar melhor o conceito de benefícios e custos anuais do que o valor presente líquido.

### 3.1.5 Análise Incremental (ou Diferencial)

Este conceito, apesar de ser muito simples, é bastante útil em análises de seleção entre duas possíveis alternativas. A análise incremental calcula a diferença entre as parcelas periódicas das duas alternativas ao longo de todo o horizonte dos projetos.

O método do VUL também pode ser utilizado com os conceitos da análise incremental. Neste caso, calcula-se a diferença entre os valores uniformes líquidos das alternativas em questão.

## Critério de decisão da Análise Incremental

Tanto o valor presente líquido ( $VPL_?$ ) como a taxa interna de retorno ( $TIR_?$ ) do fluxo de caixa incremental podem ser utilizados para caracterizar qual das alternativas é a melhor. Se o  $VPL_?$  for positivo ou a  $TIR_?$  for maior que a TMA, a primeira (minuendo) alternativa pode ser considerada melhor que a segunda (subtraendo). Caso o  $VPL_?$  for negativo ou a  $TIR_?$  for menor que a TMA, o subtraendo será a melhor alternativa entre as duas (HIRSCHFELD, 2000).

## Comentários do Método da Análise Incremental

O método da análise incremental é muito útil quando se quer comparar uma situação de uma empresa com projetos de investimento (para expansão, redução de custos, aumento da receita, etc) com relação a uma situação sem o novo investimento. Em casos onde é fácil de se mensurar o impacto do novo projeto no fluxo de caixa da empresa, é preferível usar este método. Em caso de projeto muito complexo, ou seja, aquele que influí em diversos aspectos econômicos da empresa de forma sistêmica não é aconselhável a utilização deste método, pois o processo de modelagem do problema pode se tornar um empecilho à análise.

### 3.1.6 Taxa Interna de Retorno

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de desconto que faz com que o VPL de um dado projeto seja igual a zero. Em outras palavras, a TIR é a taxa que iguala o valor presente das parcelas periódicas aos investimentos iniciais necessários do projeto. Desta forma, para a obtenção matemática da TIR a seguinte equação (eq. 3) deve ser resolvida.

$$(3) \quad \boxed{\sum_0^n \frac{P_n}{(1 + TIR)^n} = 0}$$

Onde:  $n$  = número de períodos que se quer analisar.

$P_n$  = parcelas periódicas (receitas - custos).

$TIR$  = taxa interna de retorno.

Observando a eq.3 é possível notar que se trata de uma função polinomial. Para projetos com duração acima de três períodos, não é possível obter uma solução direta da função polinomial. Para estes casos existem alguns métodos computacionais que se baseiam no método de aproximação de Newton (PARK; SHARP-BETTE, 1990). A TIR também pode ser obtida através do gráfico do VPL em função das taxas de juros. Assim, pela definição, a TIR será dada pelos pontos onde o gráfico cruza a abscissa, ou seja, quando o VPL iguala-se a zero. Porém a TIR também pode ser calculada através do auxílio de uma planilha do software *Excel*.

Como a resolução de uma função polinomial pode fornecer mais de uma solução real, existe a possibilidade de um projeto gerar mais de uma TIR. Neste caso, deve-se tomar extremo cuidado antes de tirar alguma conclusão frente às soluções reais encontradas, pois estas podem acarretar em decisões precipitadas sobre o comportamento do fluxo de caixa.

Para que conclusões precipitadas sejam evitadas frente às múltiplas TIRs, existem algumas maneiras de tentar prever o comportamento e as características das raízes de uma função polinomial.

Pela regra de sinais de Descartes, é possível determinar o número máximo de raízes positivas de um polinômio. Esta regra estabelece que o número de raízes reais e positivas de um dado polinômio com coeficientes reais de grau  $n$  é menor ou igual do que o número de vezes que os sinais na seqüência dos coeficientes mudam. Então, aplicando-a ao cálculo da TIR pode-se concluir que para um fluxo de caixa com coeficientes reais, o número de TIRs não é maior que a quantidade de vezes que ocorre a troca de sinais na seqüência dos fluxos de caixa do projeto.

Já com o critério de Nostrom é possível verificar a unicidade da TIR de um fluxo de caixa. Mas para isto, este deve obedecer a seguinte regra. Seja  $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$  as parcelas periódicas de um fluxo de caixa, é possível formar a seguinte série auxiliar  $S_n = \sum_{j=0}^n P_j$ , sendo  $n = 0, 1, \dots, N$ . Assim, se a série  $S_n$  começar negativo e trocar de sinal apenas uma vez, a unicidade da TIR pode ser garantida, pois existirá apenas uma raiz positiva e real para a função polinomial referente a este fluxo de caixa.

Após estes passos preliminares para a correta utilização da TIR, outros cuidados devem ser tomados antes do momento de se realizar uma decisão utilizando este método. Ainda de acordo com Park e Sharp-Bette (1990), para discutir o método da TIR de uma forma correta, é necessário classificar os projetos em simples ou em não simples para se obter a melhor compreensão das decisões. Posteriormente, os projetos também serão classificados como sendo puro ou misto. E finalmente, as conclusões sobre o processo decisório da TIR serão explicadas, com base nessas classificações.

### **Projetos simples e não simples**

Todo projeto que tenha apenas uma troca de sinais, nas parcelas do seu fluxo de caixa, pode ser considerado como sendo um projeto simples. Porém, caso as parcelas negativas do fluxo de caixa não se restrinjam aos períodos iniciais do horizonte do projeto, o projeto pode ser considerado como sendo não simples. Em outras palavras, se houver mais de uma troca de sinais no fluxo de caixa, ele será considerado não simples.

### **Projetos puros e mistos**

Agora, para o entendimento do conceito de projetos puros e mistos, é importante a definição do conceito de saldo do projeto. Este demonstra a quantidade de capital descontado

a uma TMA que está ligado ao projeto em cada ponto do horizonte do projeto. Em outras palavras, o saldo de um projeto indica qual é o grau de endividamento de um investidor em cada período de tempo de um projeto.

Este saldo pode ser calculado através da seguinte fórmula.

$$(4) \quad SP_n = \sum_{n=0}^N P_n (1+i)^{N-n}$$

Onde:  $SP_n$  = saldo do projeto no período n

$n$  = período ao qual se quer analisar.

$N$  = número de períodos do horizonte do projeto

$P_n$  = parcelas periódicas (receitas - custos).

$i$  = TMA.

Assim, se para um dado instante n o  $SP_n > 0$ , pode-se dizer então que o investidor recuperou o investimento realizado e ainda realizou um lucro através dos benefícios, tanto oriundas do projeto como da reaplicação do capital no mercado a uma TMA. Porém, se o  $SP_n < 0$ , o investidor ainda não recuperou o investimento, além de possuir algumas despesas financeiras.

De acordo com essa consideração um projeto puro pode ser denominar como sendo aquele em cujo todos os períodos n do fluxo de caixa o  $SP(TIR)_n = 0$ . Já um projeto misto é aquele onde existem tanto  $SP(TIR)_n = 0$ , quanto  $SP(TIR)_n = 0$  ao longo do fluxo de caixa do projeto.

### Critério de decisão da TIR

Com base nos conceitos apresentados, a empresa poderá utilizar este método de forma segura e coerente. Então, se o projeto for caracterizado como sendo puro, o projeto deve ser

aceito caso a TIR encontrada for maior que a TMA. Em contrapartida, se o projeto for considerado misto aconselha-se a utilização do método da taxa interna de retorno modificada (TIRM). Devido à não trivialidade da TIRM, esta será apresentada com mais detalhes na seção subsequente.

### **Comentários do Método da Taxa Interna de Retorno**

A TIR, assim como o VPL, é amplamente utilizado nas empresas como uma ferramenta para auxiliar no processo decisório de um dado projeto. Porém, este método possui algumas ressalvas que merecem ser citadas.

A existência de múltiplas TIRs é o problema mais freqüentemente confrontado pelos usuários deste método. Caso este problema não seja detectado de forma correta (ver teorema de Descartes e o método de Nostrom na explicação da TIR), os resultados obtidos podem trazer conclusões distorcidas com relação à realidade.

No entanto, dentre todas as restrições à utilização da TIR, existe uma outra que se apresenta como a mais relevante para efeito da presente proposta e que, na realidade, se relaciona com seu próprio pressuposto. O cálculo da TIR pressupõe a reaplicação dos fluxos líquidos de caixa de um projeto à mesma TIR deste projeto. Assim, se a TIR de um Projeto for de 10% a.a., admite-se que os fluxos líquidos de caixa gerados por ele estão sendo reaplicados pela empresa, seja no mercado financeiro ou em outros projetos, também a uma taxa de 10% a.a.. Para contornar este problema, aconselha-se a utilização da TIRM, que por sua vez é uma variação do método da TIR, e que será citado na seção subsequente.

Utilizado corretamente, a TIR pode ser considerada um método extremamente confiável e consistente, pois consegue medir a rentabilidade relativa das entradas de caixa com relação aos investimentos necessários de um projeto. Além disso, pelo fato da TIR ser apresentada em forma de uma taxa, ela se torna a forma mais fácil e lógica de comparação com outros tipos de investimentos no mercado.

### 3.1.7 Taxa Interna de Retorno Modificada

A proposta de utilização de uma TIR Modificada (TIRM) em substituição à TIR tradicional não é nova, e já vêm sendo estudada desde os anos 60. A idéia básica que está por trás de sua utilização é a consideração do financiamento de capital, no caso das saídas de caixa, e a reaplicação de lucros, no caso das entradas de caixa.

Assim, o primeiro passo diante de um fluxo de caixa é obter o valor presente dos fluxos negativos de caixa, utilizando-se, para isso, uma taxa de financiamento, correspondente, por exemplo, ao custo médio da dívida da empresa. Obter-se-á assim um único valor negativo no momento inicial do projeto.

Da mesma forma, o valor futuro de todas as entradas de caixa devem ser calculadas, utilizando-se para isso, uma taxa de reaplicação dos recursos, que poderia ser, por exemplo, a taxa média de aplicação dos recursos de caixa da empresa ou, em fluxos com periodicidade longa, uma taxa de mercado tida como satisfatória para remuneração de recursos a longo prazo. Novamente, um único valor, agora positivo, será obtido no fim do horizonte do projeto.

O resultado destes dois cálculos é um fluxo com somente dois valores, um negativo no momento inicial e outro positivo no fim do projeto. É um fluxo simples, o que não impede que se obtenha uma TIR através dele, utilizando-se para isso o mesmo método usado para fluxos com diversas entradas e saídas de caixa. A TIR resultante seria então a TIRM.

### Critério de decisão da TIRM

O critério utilizado para a efetivação da escolha no caso da TIR tradicional para um projeto puro pode ser replicado para a TIRM. Ou seja, caso a TIRM for maior que a TMA, o projeto deve ser escolhido, caso contrário, este deve ser rejeitado.

## Comentários do Método da Taxa Interna de Retorno Modificada

A TIRM contorna os problemas de múltiplas TIRs do método da TIR tradicional comumente encontrada nos projetos mistos. Além disso, a TIRM utiliza o custo de capital como taxa de reaplicação, e por isso é mais bem vista como uma melhor medida de rentabilidade de um projeto do que a TIR. E claramente, as vantagens da TIR tradicional podem ser mantidas.

### 3.1.8 Prazo de Recuperação Descontado (*Payback Descontado*)

O método do prazo de recuperação descontado do investimento (*payback*), também chamado de método do prazo de retorno por Hirschfeld (2002), calcula o número de períodos dentro do horizonte do projeto quando o somatório do valor presente dos benefícios se iguala ao somatório do valor presente dos custos a uma TMA.

Em outras palavras, o *payback* sinaliza o tempo necessário para que um projeto recupere todo o investimento realizado.

Matematicamente, o prazo de recuperação do investimento pode ser calculado como sendo o menor valor de  $n$  que satisfaz a seguinte equação.

$$(5) \quad \sum_{0}^{n} \frac{P_n}{(1+TMA)^n} \geq 0$$

Onde:  $n$  = prazo de recuperação descontado do investimento

$P_n$  = parcelas periódicas (receitas - custos).

TMA = taxa mínima de atratividade.

### **Critério de decisão do *Payback* Descontado**

Para critério de decisão, há a necessidade de se estipular um período de *payback* máximo aceitável. Caso o *payback* do projeto seja menor que o aceitável, deve-se aceitar o projeto. Porém, se o *payback* for maior, o projeto deve ser rejeitado.

### **Comentários do Método do Prazo de Recuperação do Investimento**

Uma das principais deficiências do *payback* descontado reside no fato de que este método se restringe a apenas calcular o momento em que o fluxo de caixa do projeto onde as entradas de caixa descontadas a uma taxa de desconto se igualam ao investimento inicial. Assim, quando existem diversas alternativas de investimento a serem analisadas, o *payback* descontado não mensura aquela que maximiza a riqueza do acionista. Outro fato que agrava o problema citado anteriormente é que neste método, as entradas e saídas de caixa após o período de *payback* são simplesmente ignoradas.

Este método, porém, é amplamente utilizado pela sua facilidade de cálculo e por ser um conceito muito intuitivo. Além disso, Gitman (2002) o considera como uma medida de risco, pois quanto mais tempo uma empresa demora a recuperar os investimentos, maiores serão as chances de perda durante a vida útil do projeto.

#### **3.1.9 Benefício-Custo**

Outra forma de analisar a viabilidade de um projeto é o método benefício-custo. Como a própria denominação diz, há uma comparação entre os benefícios contra os custos envolvidos na vida útil de um determinado projeto. Para uma melhor compreensão, os termos

benefício e custos serão inicialmente conceituados, pois são sensivelmente diferentes aos conceitos de entradas e saídas em um fluxo de caixa, respectivamente.

De acordo com Hirschfeld (2002), os benefícios vão além dos ganhos determinísticos (receitas e faturamentos do projeto), pois estes podem englobar também os ganhos sociais provenientes de um empreendimento. Já os custos representam todos os dispêndios, gastos, despesas, investimentos, pagamentos e tudo que geraria um endividamento.

### **Critério de decisão do Benefício-Custo**

A relação B/C (Benefício/Custo) calcula a razão entre os valores presentes dos benefícios e dos custos ao longo do horizonte do projeto a uma TMA. Caso a relação B/C seja maior que 1, o projeto pode ser considerado viável. Caso contrário, o projeto deve ser descartado.

### **Comentários do Método Benefício-Custo**

Este método restringe-se a apenas indicar os projetos que são viáveis ou inviáveis financeiramente. Assim como o método do *payback* descontado, a relação B/C não classifica as alternativas quanto à rentabilidade de cada um.

Segundo Hirschfeld (2002), este método é o mais adequado para a avaliação de projetos governamentais, principalmente para análises econômicas de obras públicas. Isto se deve, pois este método consegue abranger os benefícios desses projetos que, em geral, são mais delicados do que os dos empreendimentos privados.

### 3.1.10 Discussão dos Métodos

Todos os métodos, se aplicados da forma correta, devem levar sempre ao mesmo resultado. Porém, o que determina o método a ser utilizado é a sua aplicabilidade em situações distintas.

No caso do projeto de flexibilização dos vagões fica evidente que o melhor método a ser utilizado é a análise incremental, pela simples natureza do problema. Trata-se de um projeto de investimento que visa reduzir uma determinada despesa. Com isso, devem ser levantadas as despesas adicionais e as despesas evitadas (redução dos fretes praticados) que passarão a ser geradas após a implementação do projeto. Neste caso, portanto, as despesas evitadas seriam caracterizadas como sendo um redutor de despesas, e por isso incorporariam o fluxo como uma entrada de caixa. As despesas adicionais e os investimentos, por aumentarem as saídas já existentes, seriam tratadas como saídas de caixa.

Conforme mencionado na seção 3.1.5 (Análise Incremental), seria indiferente utilizar o VPL ou a TIR como método de análise do fluxo de caixa incremental. Porém, para uma melhor compreensão deste conceito algumas considerações sobre as consequências do fluxo de caixa incremental foram descritas.

De acordo com Lapponi (1996), existem três pontos importantes a serem observados:

1. “*Dados dois projetos de investimento, o valor do VPL do fluxo de caixa incremental entre esses dois projetos é igual à diferença dos VPL's dos dois projetos.*”

2. “Dois projetos têm o mesmo valor de VPL, quando calculamos no valor da TIR no fluxo de caixa incremental.”

Sejam os investimentos A e B, com B>A. Então:

$$\begin{aligned}\Delta(B-A) &= (-B_I - (-A_I)) + \sum_1^n (B_t - A_t) \times (1 + TIR_{\Delta})^{-t} = 0 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \left( -B_I + \sum_1^n B_t \times (1 + TIR_{\Delta})^{-t} \right) - \left( -A_I + \sum_1^n A_t \times (1 + TIR_{\Delta})^{-t} \right) = 0 \Leftrightarrow \\ &\therefore \left( -B_I + \sum_1^n B_t \times (1 + TIR_{\Delta})^{-t} \right) = \left( -A_I + \sum_1^n A_t \times (1 + TIR_{\Delta})^{-t} \right)\end{aligned}$$

3. “O valor da TIR? do fluxo de caixa incremental é um valor que deixa o decisor indiferente quanto à escolha do melhor projeto.”

Para ilustrar os conceitos apresentados os seguintes fluxos de caixa A e B foram hipoteticamente criados, com uma TMA de 8%:

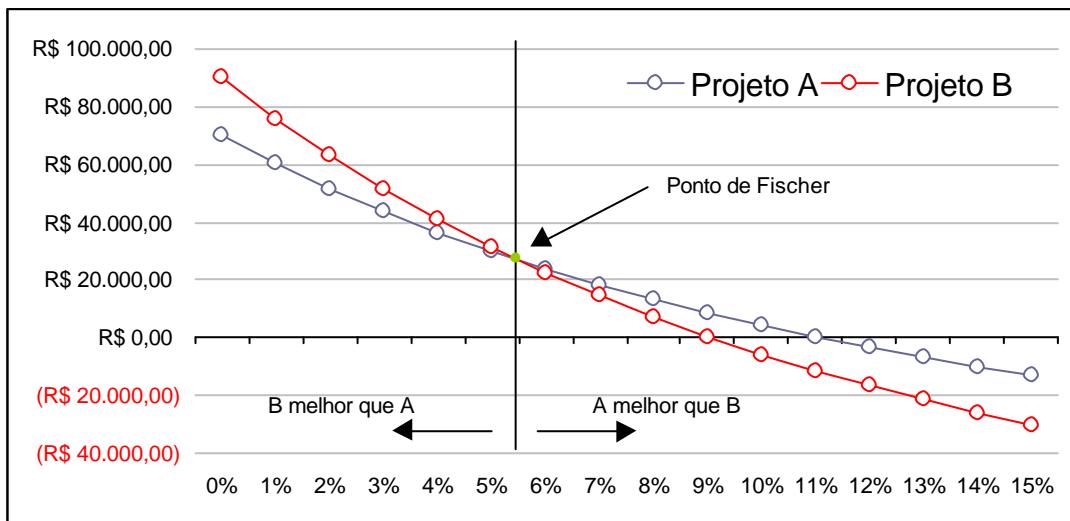
	A	B	B-A
Investimento	(\$100.000)	(\$160.000)	(\$60.000)
Retornos (1-10)	\$17.000	\$25.000	\$8.000
TIR	11,03%	9,06%	5,60446%
VPL(i=5,60446%)	\$26.041	\$26.041	\$0
VPL(i=5,00%)	\$29.780	\$31.470	\$1.689
VPL(i=6,00%)	\$23.700	\$22.644	(\$1.056)



- ← A=B
- ← B melhor que A
- ← A melhor que B

**Tabela 1      Exemplo de fluxo incremental**

O gráfico a seguir mostra os dois fluxos de caixa dos dois projetos em função do custo de capital:



**Ilustração 4      Fluxos de caixa em função do custo de capital**

Assim pode-se perceber que para diferentes custos de capital, conclusões diferentes podem ser tomadas a cerca do VPL e do TIR dos fluxos de caixa. Observando os tópicos descritos por Lapponi tem-se que:

- A TIR do fluxo de caixa incremental (5,06446%) quando aplicadas aos dois projetos, faz com que os VPLs se igualem. Esse ponto é conhecido como ponto de Fischer, ao qual torna-se indiferente a escolha do melhor projeto.
- Para custos de capital maiores que a TIR<sub>?</sub>, o projeto A é melhor que o B, caso contrário o projeto B é melhor do que A.

Após essas considerações, o VPL do fluxo de caixa incremental será utilizado na análise do projeto. Porém, a TIR também poderia ser usada, bastando para isso, tomar as devidas precauções, como calcular a taxa de Fischer das alternativas.

### 3.2 TRATAMENTO DO RISCO

Genericamente, o risco pode ser compreendido como sendo um potencial evento negativo decorrente de um processo presente ou de algum acontecimento futuro. Usualmente, o termo risco é associado à probabilidade de um determinado acontecimento vir a ocorrer. Porém, financeiramente, o risco é o cálculo desta probabilidade combinada à determinação do quão danoso este mesmo evento pode ser para uma empresa.

No meio empresarial, segundo Park e Sharp-Bette (1990), o risco é primeiramente associado com a probabilidade de um projeto não alcançar um nível de retorno desejado. Outros ainda, definem o risco como sendo simplesmente a variação do retorno. Segundo os mesmos autores, o risco deve ser atribuído a análises onde não se tem certeza sobre os resultados, porém os seus comportamentos probabilísticos são bem conhecidos. Agora, quando ambos, os resultados e as probabilidades atribuídas a eles, não são bem conhecidos, o termo mais apropriado a ser empregado é incerteza.

Tendo em vista essas definições, pode-se chegar a uma conclusão de que os métodos apresentados de análise econômica por si sós não são suficientes para avaliar de forma adequada a viabilidade financeira de um projeto. Isto porque, não se pode prever com extrema exatidão e sem nenhuma possibilidade de erro o comportamento do desempenho de um projeto no futuro. A capacidade de um investimento de agregar valor à uma empresa está vinculada a inúmeras outras variáveis igualmente, ou até mesmo piores de serem previstas.

Com este tratamento do risco pretende-se tornar mais confiável a base de dados gerada por esta análise. Com a aplicação dos conceitos de análise econômica de investimentos associada aos de risco, o responsável pela aceitação ou da rejeição do investimento poderá ter em mãos dois aspectos a serem levadas em consideração no momento de decisão. Além de procurar escolher aquele projeto com o maior valor esperado de retorno, este também terá condições de evitar a alternativa com o maior risco.

A maior dificuldade encontrada não é a percepção do risco na análise de um projeto, e sim, o modo como esta é mensurada e associada aos seus resultados. A seguir, são expostas algumas formas de se inserir este grau de risco nas avaliações econômicas.

### 3.2.1 Média-Variância

Com o prévio conhecimento da distribuição de probabilidade da variável de saída (VPL, TIR, *payback* descontado, etc.), o método da Média-Variância utiliza exatamente a média, que no caso é calculado através do valor esperado da distribuição, e a variância dos valores gerados para efetuar uma análise sobre elas.

Supõem-se a utilização do método do VPL para a análise de dois projetos hipotéticos mutuamente excludentes denominados como A e B. De acordo com Park e Sharp-Bette (1990), para mensurar o risco das opções de investimento regra a seguir deve ser seguida. Caso o projeto A tenha um valor esperado do VPL maior ou igual ao do projeto B, e a variância menor que a de B, o projeto A deve ser escolhido.

Desta forma, percebe-se que o risco é mensurado através da variância da variável estudada. Em outras palavras, quanto maior a variância, maior o risco associado ao projeto de investimento.

### 3.2.2 Risco na Taxa de Desconto

Conforme visto na seção 3.1.2 (Taxa Mínima de Atratividade), a TMA, ou a taxa de desconto, deve ser calculada de tal forma que represente da melhor maneira possível a mínima taxa de retorno requerida pela empresa para projetos de investimento. Dentre os fatores que devem ser levadas em consideração neste cálculo está exatamente o risco dos projetos da empresa.

Por isso, os riscos atribuídos aos projetos podem ser inseridos na TMA da empresa. Dessa forma, no momento da análise econômica, utilizando-se os métodos do VPL, da TIR, etc., esse risco implícito na taxa de desconto será capturado, pois os investimentos, para serem considerados viáveis, terão que possuir parâmetros ainda melhores do que em relação à mesma análise sem o risco.

### 3.2.3 Probabilidade de Perda

Em uma análise econômica, onde se levam em consideração as mudanças das variáveis de entradas, tidas como aleatórias, o risco do projeto é incorporado no momento em que esse comportamento aleatório é caracterizado através de uma distribuição de probabilidades, por exemplo. Dessa forma, as variáveis de saída também serão geradas na forma de uma distribuição de probabilidade.

Sabe-se que os resultados das análises econômicas são confrontados a parâmetros mínimos pré-estabelecidos pelas empresas (por exemplo, uma TIR mínima, VPL maior que zero, *payback* descontado mínimo, etc.). Assim, o risco do projeto pode ser mensurado através da probabilidade de que estes resultados sejam inferiores a esses parâmetros estabelecidos.

Como o contexto da análise proposta neste trabalho se assemelha ao que está descrito neste último método, a probabilidade de perda será utilizada como a forma de cálculo do risco do projeto de flexibilização dos vagões.

### 3.3 SIMULAÇÃO

Geralmente a simulação é entendida como a “imitação” de um processo real. Ela envolve a geração de uma situação fictícia de um sistema para que se possa realizar a análise de suas características de operação e seus resultados.

O comportamento de um sistema pode ser estudado através de um modelo de simulação, que tem como base diversos parâmetros, hipóteses e premissas relevantes relacionados com a operação do sistema. Depois de desenvolvido e validado com os dados do sistema real, o modelo pode ser utilizado para investigar uma grande variedade de questões sobre o sistema.

As mudanças no sistema podem ser simuladas com o objetivo de prever seu impacto nas suas operações e em seu desempenho final. A simulação é uma ferramenta que possui muita utilidade no estudo de sistemas ainda na fase de concepção, antes que sejam efetivamente implementados. Então, a simulação pode ser usada como uma ferramenta para predizer os efeitos de uma mudança em sistemas existentes e também como uma ferramenta de projeto para avaliar e validar o desempenho de novos sistemas.

Existem situações nas quais o modelo é baseado em formulações matemáticas, geralmente desenvolvido através de equações integro-diferenciais, teoria de probabilidades, métodos algébricos, dentre outras inúmeras possibilidades de formulações. Entretanto, muitos sistemas na vida real são tão complexos que seus modelos matemáticos são muito difíceis de serem formulados ou utilizados, sendo nestes casos as técnicas de simulação uma alternativa para “imitar” o comportamento do sistema num certo intervalo de tempo. A geração dessa simulação possibilita a coleta de dados como se o sistema real estivesse sendo observado. Estes dados podem então ser usados para estimar as medidas de desempenho do sistema.

Alem de poder facilitar o estudo de sistemas cuja modelagem matemática é complexa, considera-se que a simulação pode ser usada principalmente para as seguintes finalidades:

- Estudar as interações internas de um sistema complexo, ou de um subsistema dentro de um sistema complexo.

- Realizar alterações nas informações, na organização e no ambiente do sistema para observar seus efeitos.
- Experimentar novos projetos ou novos procedimentos antes de implementá-la, e assim estar preparado para o que puder acontecer.
- Identificar as variáveis mais importantes de um sistema e como elas interagem através do estudo dos sinais de entrada e das saídas resultantes.
- Verificar soluções analíticas, sendo neste caso utilizado como um instrumento de validação.
- Adquirir maior conhecimento sobre o modelo de simulação e o processo de desenvolvimento do modelo para melhorias do sistema.

Atualmente, existe uma grande disponibilidade de ferramentas de simulação. Associada à crescente capacidade de processamento de dados alcançada pelo desenvolvimento computacional e os avanços nas metodologias de simulação, fizeram da simulação uma das técnicas mais usadas e aceitas em tarefas de análise e desenvolvimento de sistemas.

### **Comentários da Simulação**

Uma das maiores vantagens da simulação, quando ela é aderente com o sistema real, é o seu baixo custo ou menor utilização de recursos se comparado com outros métodos de estudo. Essa aderência ao sistema real é verificada quando os dados de saída da simulação correspondem diretamente às saídas que seriam obtidas do sistema real.

Diferentemente das técnicas analíticas, a simulação de modelos é “executada” ao invés de ser resolvida. Dado um conjunto particular de entradas o modelo é executado e o comportamento do sistema é estudado. Um conjunto de cenários a serem avaliados podem servir de base para a alteração de variáveis do modelo, a fim de estudar o seu comportamento de acordo com as variações.

As principais vantagens da simulação são:

- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, procedimentos organizacionais, etc. podem ser estudados sem interferência nas operações do sistema real.
- Novos equipamentos, arranjos físicos, sistemas de transporte, etc. podem ser testados antes de se investir recursos com as aquisições envolvidas.
- Hipóteses de como e por que certos fenômenos ocorrem podem ser avaliados.
- O tempo pode ser comprimido ou expandido, permitindo que o fenômeno em estudo possa ser acelerado ou retardado.
- “Gargalos” onde as informações ou materiais têm seus fluxos comprometidos podem ser identificados.

As principais desvantagens são:

- A construção de modelos requer um treinamento especial. Pode ser considerada uma “arte” que se aprende ao longo do tempo e que envolve o “bom” uso da experiência.
- Os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar. Como as saídas da simulação podem incluir variáveis aleatórias, não é trivial determinar se os resultados observados resultam de inter-relações efetivas das partes do sistema ou se são frutos da aleatoriedade do sistema.
- A modelagem do sistema e a análise dos dados podem consumir muito tempo e muitos recursos. Por outro lado, economizar tempo e recursos na modelagem e na análise pode resultar em cenários insuficientes para atender os objetivos.

Na defesa do uso da simulação, as desvantagens acima citadas têm sido minimizadas através dos seguintes argumentos:

- Fornecedores de softwares de simulação têm continuamente desenvolvido pacotes que contêm um tipo de template de modelos pré-concebidos nos quais é necessário somente definir os dados da operação.

- Muitos fornecedores de softwares têm desenvolvido pacotes com ferramentas que facilitam a análise dos dados de saída da simulação.
- Os avanços nas plataformas computacionais permitem que a simulação seja realizada cada vez mais rapidamente.

### 3.3.1 Tipos de Simulação

Os modelos de simulação podem ser definidos como sendo uma representação do sistema, com o intuito de analisá-lo. É necessário considerar somente os aspectos do sistema que afetam a análise.

Os modelos de simulação podem ser classificados, em um primeiro nível, como modelos físicos e modelos matemáticos. Quando as características físicas e lógicas do sistema são conservadas no modelo de simulação, a simulação é dita física. Quando o modelo de simulação é representado através de relações matemáticas, a simulação é dita matemática.

A simulação através de modelos matemáticos ainda pode ser dividida em:

- Modelos instantâneos ou dinâmicos;
- Determinísticos ou estocásticos;
- Discretos ou contínuos.

Os modelos de simulação dinâmicos representam o comportamento dos sistemas sujeito à influência tanto dos eventos passados como dos eventos atuais ao passo em que os modelos instantâneos considerem a influência somente dos eventos atuais no comportamento do sistema.

Os modelos de simulação determinísticos consideram um conjunto conhecido de entradas que resultaram em um conjunto conhecido de saídas. Os modelos de simulação estocásticos introduzem um componente de variação aleatória em seus parâmetros de entrada, gerando saídas sujeitas a essa variação aleatória que devem ser tratadas como estimativas estatísticas dos aspectos reais de um sistema.

Os modelos de simulação contínuos são utilizados na modelagem de sistemas em que não existem interrupções em suas operações. Já os modelos discretos admitem as interrupções em seus processos, provocadas pelas mudanças dos estados de suas variáveis.

### **3.3.2 A Simulação Com o Auxílio Computacional**

Apesar de conhecida desde o inicio da década de 50, somente agora a simulação tornou-se mais acessível com o advento da evolução da tecnologia que proporcionou uma maior disponibilidade de informações sobre os processos e a possibilidade de analisar essas informações a um menor custo e a uma alta velocidade.

Para descrever o comportamento dos sistemas considera-se a operação do mesmo em termos das interações de seus componentes. Esses componentes podem ter seus comportamentos preditos através de distribuições de probabilidades para seus estados e entradas. As interações entre os componentes também são consideradas no modelo.

Na modelagem da simulação o problema é dividido em partes menores, facilitando o tratamento analítico. As interações entre as partes são combinadas permitindo ao computador descrever o comportamento do sistema em função dessas interações e dos dados de entrada. Nesse processamento de dados é que o computador age como elemento essencial da simulação, pois ele proporciona a geração e o processamento de uma enorme quantidade de dados com uma maior agilidade.

Existem no mercado uma grande variedade de softwares de simulação, alguns específicos para determinadas operações e outros mais genéricos, favorecendo a difusão da simulação no ambiente empresarial.

Os pacotes oferecidos estão cada vez mais completos, contando com ferramentas de modelagem de processos, ferramentas de análise estatísticas, identificadores de erros de programação (debug), geração de relatórios customizados e interfaces amigáveis que permitem a concentração de esforços na modelagem e não para o manuseio do software.

A tendência é que as empresas usem cada vez mais a simulação para a tomada de decisão tendo em vista tendência de queda dos custos de desenvolvimento dos softwares e o desenvolvimento cada vez maior da tecnologia.

### **3.3.3 O Método de Monte Carlo**

De acordo com Park e Sharp-Bette (1990), o método de Monte Carlo pode ser atribuído a processos de amostragens experimentais cuja finalidade é a obtenção da distribuição de probabilidade de certa variável de entrada. Em outras palavras, o método consiste no estudo de problemas por meio da construção de uma amostragem aleatória representativa que caracterize os dados do problema.

Por meios de algumas técnicas computacionais e pela parametrização estatística do processo aleatório, a simulação é efetuada para que o estudo das variáveis de interesse do problema seja obtido. Esse processo de amostragem deve ser repetido até que uma quantidade significativa de valores da variável de interesse seja determinada.

Com a utilização desse método, pretende-se simular as variáveis aleatórias de entrada segundo distribuições de probabilidades pré-definidas. Assim, será possível estudar o comportamento das variáveis de interesse (de saída) frente à amostragem das variáveis de entrada.

### **3.3.4 Distribuições de Probabilidade das Variáveis de Entrada**

Para realizar uma simulação de um modelo matemático cujas variáveis de entrada são variáveis randômicas, as distribuições de probabilidade destas devem ser especificadas.

A melhor maneira para se fundamentar a determinação do comportamento de uma variável de entrada é através do estudo dos dados realizados. Uma das maneiras para se

selecionar a distribuição que melhor se ajuste à variável é através da realização de testes de hipóteses entre os dados históricos e uma dada distribuição (por exemplo, distribuições como normal, lognormal, gamma ou beta). Porém, quando não existe uma distribuição que se ajuste estatisticamente a uma série histórica de dados, estes são usados diretamente para definir uma distribuição empírica. Então, no segundo caso, utiliza-se diretamente uma amostra dessa distribuição empírica na simulação (PARK; SHARP-BETTE, 1990).

Portanto, sempre é preferível utilizar o método de determinação das distribuições através de dados históricos. Este estudo, apesar de ser simples, requer muita cautela, pois caso seja efetuado de forma incorreta pode resultar em conclusões e decisões distorcidas.

Como existem diversos *softwares* no mercado que realizam de forma rápida e simples este tipo de análise, e pelo fato de que esse estudo não é o escopo principal deste trabalho, não será realizada uma discussão mais aprofundada sobre este assunto. No entanto, a determinação de uma distribuição para uma amostra de dados pode ser encontrada em livros de estatística básica.

Porém, ainda segundo Park e Sharp-Bette (1990), quando não existem dados disponíveis e não se tem idéia do formato da distribuição para uma variável, muitos utilizam métodos heurísticos para esta análise. As duas distribuições de probabilidades mais usadas para esta finalidade são as distribuições triangular e beta.

### 3.3.5 Correlação Entre as Variáveis Aleatórias

Em uma simulação, quando duas variáveis aleatórias não são independentes entre si, faz-se necessário uma medida dessa dependência. O parâmetro que caracteriza esse grau de relação entre duas variáveis é o coeficiente de correlação (?) (PARK; SHARP-BETTE, 1990). Este é calculado através da seguinte fórmula:

$$(6) \quad \rho_{12} = \frac{\text{Cov}(X_1, X_2)}{\sigma_1 \sigma_2}$$

Onde:  $\rho_{12}$  = coeficiente de correlação entre as variáveis  $X_1$  e  $X_2$ .  
 $\text{Cov}(X_1, X_2)$  = covariância entre as variáveis  $X_1$  e  $X_2$ .  
 $s$  = desvio padrão.

A covariância, por sua vez, é calculada da seguinte maneira:

$$(7) \quad \begin{aligned} \sigma_{12} &= \text{Cov}(X_1, X_2) \\ &= E\{(X_1 - E(X_1))(X_2 - E(X_2))\} \\ &= E(X_1 X_2) - E(X_1)E(X_2) \end{aligned}$$

Onde:  $s_{12}$  = covariância entre as variáveis  $X_1$  e  $X_2$ .  
 $E(X)$  = valor esperado da variável  $X$ .

O valor do coeficiente de correlação pode variar de -1 até +1. Quando  $\rho = -1$ , existe uma correlação negativa perfeita entre os comportamentos das variáveis, inversamente, se  $\rho = +1$ , caracteriza-se uma correlação positiva perfeita. Caso  $\rho = 0$ , não existe correlação entre as variáveis.

#### 4. MODELAGEM DO PROBLEMA

A forma mais disseminada nas empresas para realizar uma avaliação econômica confiável de um projeto é através do desenvolvimento de um modelo. Porém, antes de iniciar a explicação do processo de modelagem do problema, discute-se brevemente o que efetivamente vem a ser um modelo.

Segundo Macmillan e Gonzales (1965 apud Hernandez, 1992, p. 69) um modelo tem o propósito de auxiliar na análise e no desdobramento de um sistema ou evento real. Em outras palavras, o modelo chega a duplicar este evento, quer seja na forma de uma abstração, de uma simplificação ou de uma idealização.

Porém, nenhum modelo reproduz de forma fiel o comportamento de todos os pontos que influenciam determinado evento. Por isso, no momento da modelagem deve-se utilizar hipóteses simplificadoras com o intuito de facilitar o controle e reprodução do evento real estudado (Hernandez, 1992, p.70).

Assim, consolidando a descrição do problema, as informações básicas e os métodos apresentados anteriormente, é possível reproduzir o impacto financeiro do projeto na EMPRESA e, assim, a partir desta reprodução analisar de forma sistêmica a viabilidade econômica do projeto.

Para isto, foram utilizados os softwares *Excel*<sup>®</sup> e *@Risk<sup>®</sup> for Excel*. O primeiro possibilita a construção de planilhas matemáticas. Já o *@Risk<sup>®</sup>* é um *add-in* do *Excel*<sup>®</sup>, ou seja, é um aplicativo que incorpora novas ferramentas e funcionalidades que possibilitam ao *Excel*<sup>®</sup> executar simulações probabilísticas através de métodos quantitativos. Esse software terá uma explicação mais detalhada nas próximas seções.

A seguir, o modelo desenvolvido será explicado. Primeiro, a lógica e as considerações mais importantes serão citadas, para que posteriormente as entradas e as saídas do modelo sejam detalhadas.

#### 4.1.1 Considerações Iniciais do Modelo

Relembrando, o modelo foi construído com o intuito de avaliar a viabilidade econômica de um novo projeto de investimento, ao qual busca a redução das despesas logísticas para reajustar a margem de lucro da EMPRESA.

Sabendo disso, e conforme dito na revisão bibliográfica (seção 3.1.10 - Discussão dos Métodos), o modelo foi desenvolvido baseando-se no método de análise incremental. Como a avaliação do projeto de flexibilização é relativamente simples em termos de modelagem, decidiu-se que não seria necessário construir um fluxo de caixa para a situação sem investimento e outro para a situação com o novo investimento. Por isso foram utilizados os conceitos de despesas adicionais, despesas evitadas e de novo investimento para realizar a análise econômica do projeto.

Despesas adicionais consistem nas despesas que foram agregadas à empresa e que não existiam antes do projeto de investimento, ou ainda, são aquelas que de alguma forma sofreram um aumento a partir da implementação do projeto. Por outro lado, as despesas evitadas são aquelas que já existiam antes do projeto mas que de alguma forma sofreram uma redução com o novo investimento. E, finalmente, os novos investimentos são os desembolsos de capital necessários para o *start-up* do projeto.

Para o melhor entendimento das variáveis do modelo, estas podem ser caracterizadas como sendo de entrada e de saída. As variáveis de entrada são todas aquelas que devem ser inseridas no modelo (*inputs*), ou seja, são informações que participam direta ou indiretamente no processo de obtenção das variáveis de saída. E como a própria denominação já denuncia, as variáveis de saída são aquelas que utilizam informações mais básicas para formar algum número, taxa ou gráfico capaz de sintetizar o comportamento do projeto em termos financeiros. Estes serão detalhados nos próximos tópicos.

No momento de replicar o cálculo do fluxo de caixa para os períodos subsequentes ao momento inicial do projeto, utilizou-se uma hipótese simplificadora para viabilizar a modelagem do problema. Inicialmente, desenvolveu-se o modelo de forma que uma variável aleatória A de entrada em um dado período X simulasse de forma independente com relação á

mesma variável A, porém do período seguinte X+1 por exemplo. Percebeu-se que muito tempo seria demandado para efetuar a simulação do problema (seria necessário um computador potente para simular o problema nas condições anteriores em um tempo hábil).

Além disso, a produção e a estrutura da usina, da ferrovia e do porto estão próximas de suas capacidades instaladas. Acredita-se que esta situação se perpetuará durante longo tempo, salvo algum evento negativo na conjuntura nacional ou mundial (grande parte da retomada de crescimento do mercado siderúrgico se deve à forte demanda de produtos siderúrgicos provenientes da China). Portanto, pelos motivos citados, conveniou-se que os valores das variáveis de entrada seriam iguais para todos os períodos analisados. Possíveis variações poderiam ser causadas por eventuais expansões de capacidade no futuro, porém, a EMPRESA não possui esta intenção.

Na seção 3.1.10 (Discussão dos Métodos), determinou-se que o método que utilizado para avaliar a viabilidade do projeto seria o VPL. Para isto, é necessária a determinação da taxa de desconto (TMA) utilizado pela EMPRESA em suas avaliações de projetos de investimento. Esta taxa é semestralmente calculada pela EMPRESA através do WACC (*Weighted Average Cost of Capital*). Como o processo de cálculo do WACC não é o escopo deste trabalho, esta explicação restringe-se a apenas citar o valor dela. Atualmente, esta taxa, para projetos em moeda local (reais), está em 13%.

Em avaliações de projetos de investimento, a EMPRESA, mais em especial a Gerência de Análise de Investimentos, utiliza-se de um horizonte de análise de 20 anos, excluindo assim a análise de perpetuidade do investimento. Neste estudo, em particular, a análise será realizada em uma base mensal, pois assim, acredita-se que o modelo representará melhor as condições e as variações do evento real.

Com o intuito de calcular o impacto das mudanças acarretadas pelo projeto no imposto de renda cobrado, o modelo também contempla um demonstrativo de resultados (DRE) simplificado. Nela, assume-se que as receitas são iguais às despesas evitadas. Das receitas subtraem-se tanto as despesas fixas como as variáveis, encontrando assim o Lucro Operacional para o período. Para encontrar o Lucro Antes dos Impostos subtraem-se as despesas financeiras do lucro operacional. E utilizando uma alíquota de 34% sobre o Lucro Antes dos Impostos é possível calcular o Imposto de Renda que deve ser pago no período. O

Lucro Líquido é encontrado através da subtração do Lucro Antes dos Impostos pelo IR encontrado. Vale salientar que esta DRE obedece ao conceito de análise incremental proposto para o desenvolvimento do modelo (check Anexo C – Demonstrativo de Resultado para mais detalhes sobre o impacto do Imposto de Renda).

<b>DRE Simplificado</b>
Receita Líquida
( - ) Despesas Fixas
( - ) Despesas Variáveis
( - ) Depreciação
( = ) Lucro Operacional
( - ) Despesas Financeiras
( = ) Lucro Antes dos Impostos
( - ) Imposto de Renda
( = ) <u>Lucro Líquido</u>

**Tabela 2                   DRE Simplificado**

Conforme mencionado, pretende-se utilizar o software *@Risk* para auxiliar na análise do projeto. Através dele pretende-se inserir a análise de risco no modelo. Este *software* possui a capacidade de utilizar a estrutura de uma planilha de *Excel* para realizar simulações nas variáveis aleatórias de entrada segundo alguma distribuição de probabilidade. Assim, o objetivo é estudar o comportamento das variáveis de saída do modelo frente à variação das variáveis de entrada. Com isso, é possível analisar, por exemplo, qual a probabilidade do investimento apresentar uma rentabilidade abaixo do mínimo estabelecido pela EMPRESA.

Portanto, o *@Risk* consegue através de métodos quantitativos, determinar os resultados de um modelo com uma distribuição de probabilidade. Esta ferramenta não só possibilita a obtenção do valor esperado de alguma variável de saída como também torna disponíveis diversas outras informações de risco que embasam de uma forma mais completa o processo de aceitação ou de rejeição de algum projeto de investimento.

A simulação efetuada através do *software* é realizada até que certos parâmetros (neste caso a média e o desvio-padrão da variável simulada) não sofram diferenças significativas, a um certo intervalo de confiança, decorrentes dos valores gerados por novas iterações. Para isto, utilizou-se de uma ferramenta do próprio *@Risk*, chamado de *check* de convergência, à qual possibilita o usuário determinar um intervalo de iterações para que o processo de

checagem seja efetuado. Este intervalo foi fixado em 100, ou seja, a cada uma centena de iterações, será checado os parâmetros de controle. E o intervalo de confiança em 1,5%.

#### **4.1.2 Objetivo do Modelo**

O objetivo primordial do modelo desenvolvido é o de dar suporte ao cálculo da viabilidade econômica do projeto pela análise das variáveis de saída, que ainda serão descritas neste capítulo. Porém, existem diversos aspectos que devem ser levados em consideração no momento da modelagem e da simulação para que a tomada de decisão seja realizada com base em resultados coerentes e bem fundamentados. Assim, a seguir pretende-se explicar a maneira pela qual o modelo irá auxiliar na obtenção de resultados que auxiliem a EMPRESA a tomar a melhor decisão.

Como dito na seção anterior o modelo foi desenvolvido para analisar se, a valor presente, as despesas evitadas são maiores que as despesas adicionais junto aos novos investimentos.

Através deste modelo desenvolvido, uma análise será realizada para a obtenção de informações que serão de grande utilidade para o processo decisório. Esta análise será chamada Estudo Probabilístico. Nas seções subsequentes este estudo será explicado com mais detalhes.

#### **4.1.3 Estudo Probabilístico**

O estudo probabilístico tem a proposta de simular as variáveis consideradas aleatórias de entrada conforme uma distribuição de probabilidade que melhor represente o seu comportamento ao longo do tempo. Com isso, o tomador de decisões poderá se basear em mais informações além da rentabilidade do projeto.

Por exemplo, a partir da simulação do modelo da maneira que será detalhada a seguir, não só o resultado esperado do projeto será calculado como também a probabilidade do investimento ser capaz de gerar um VPL incremental maior ou igual a zero. A partir desta simulação, portanto, o risco de perda será gerado para o VPL.

O modelo pode ser dividido em três partes: investimentos, despesas adicionais e despesas evitadas. O raciocínio de cálculo dessas três partes está descrito na seção Cálculos do Modelo. A seguir, na seção Variáveis Aleatórias de Entrada, as variáveis consideradas aleatórias são caracterizadas e parametrizadas conforme uma distribuição de probabilidade. E, finalmente, em Saídas do Modelo, as variáveis de saída que irão auxiliar a EMPRESA no processo de aceitação do projeto serão descritas.

## Cálculos do Modelo

Conforme dito anteriormente, o modelo pode ser dividido em três partes: investimentos, despesas adicionais e despesas evitadas. A forma de cálculo, assim como, as hipóteses simplificadoras utilizadas na modelagem desses itens estão detalhadas como se segue:

**a) Investimentos:**

Os investimentos necessários estão detalhados na seção 2.2.2 (Investimentos). Como hipótese simplificadora os desembolsos de capital ocorrem no período denominado como inicial do horizonte do projeto. Por convenção os investimentos recebem sinal negativo no fluxo de caixa, pois representam uma saída de caixa do projeto.

Investimentos nos entrepostos	R\$	-
Entreposto de limpeza	R\$	-
Plataformas	R\$	-
Investimento - adaptação	R\$	-
Adaptação do vagão	R\$/unid	-
Investimento Total	R\$	-

**Tabela 3**      **Investimentos**

**b) Despesas Adicionais:**

Assim como os investimentos, as despesas adicionais, por convenção, recebem sinal negativo no fluxo de caixa do modelo. Essas despesas podem ser divididas em despesas fixas e variáveis.

As despesas fixas adicionais englobam os salários mensais das contratações necessárias por causa da abertura de novos postos de trabalho. Para o cálculo das despesas de mão de obra acrescentam-se ainda os encargos sociais (83,43%) sobre os salários mensais dos empregados novos.

Além disso, a EMPRESA terá uma despesa adicional originada do reajuste do seguro de cada vagão de propriedade da EMPRESA. (checlar seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Fixas para mais detalhes das despesas fixas).

As despesas variáveis adicionais consideradas são aquelas relacionadas com o aumento da manutenção dos vagões e das multas decorrentes da *demurrage*.

Para o cálculo das despesas adicionais de manutenção, o aumento dessa taxa por quilometro percorrido por cada vagão e por mês deve ser fornecido. Esta despesa adicional pode ser calculada a partir da demanda de carvão e de coque da usina por mês, do número de vagões adaptados disponíveis e da distância percorrida pelos vagões de uma viagem entre o porto e a usina.

Para calcular as despesas adicionais de *demurrage*, uma taxa adicional por tonelada de produtos siderúrgicos embarcados nos navios deve ser obtida. Assim, para o cálculo dessa multa, seria necessário apenas o volume exportado mensal de produtos siderúrgicos. (checlar seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Variáveis para mais detalhes das despesas variáveis).

<b>Despesas Fixas</b>	R\$/mês	-
<b>Mão-de-obra</b>		
Carregamento/Descarregamento	R\$/mês	-
Contratações	R\$/mês	-
Salário	n	-
Limpeza no <i>car-dumper</i>	R\$/mês	-
Contratações	R\$/mês	-
Salário	n	-
Técnico de manutenção	R\$/mês	-
Contratações	R\$/mês	-
Salário	n	-
Encargos sociais	%	0,00%
<b>Seguro</b>	R\$/mês	-
Aumento do seguro	R\$/mês/vagão	-
<b>Despesas Variáveis</b>		
<b>Manutenção</b>	R\$/mês	-
Aumento na manutenção	R\$/km	-
Distância (Porto/Usina)	km	-
<b>Despesas Comerciais</b>	R\$/mês	-
<i>Demurrage</i>	R\$/t	-
<b>Despesas Adicionais Totais</b>	R\$	-

**Tabela 4** Despesas adicionais

### c) Despesas Evitadas:

As despesas evitadas não são entradas de caixa, porém atuam como redutor de saídas de caixa. Por isso, no fluxo de caixa do projeto eles recebem sinal positivo.

Estes são calculados pela simples diferença do frete total que era pago antes da implementação do projeto com o novo valor decorrente dos fretes reduzidos. (checar seção 2.2.4 Despesas Evitadas para mais detalhes das despesas variáveis).

<b>Despesas Evitadas</b>	R\$/mes	-
<b>Despesas totais de frete atual</b>	R\$/mês	-
Frete carvão	R\$/mês	-
Frete coque	R\$/mês	-
Frete produtos siderúrgicos	R\$/mês	-
<b>Despesas totais de frete após investimento</b>	R\$/mês	-
Frete novo carvão	R\$/mês	-
Frete novo coque	R\$/mês	-
Frete novo produtos siderúrgicos	R\$/mês	-

**Tabela 5**      **Despesas Evitadas**

### Variáveis Aleatórias de Entrada

No estudo probabilístico, o comportamento das variáveis de entrada é tratado como sendo aleatório. Conforme explicado anteriormente, essas variáveis aleatórias serão parametrizadas de acordo com a distribuição de probabilidade que se mostrar mais conveniente para representar o seu comportamento.

As variáveis de entrada que podem ser consideradas aleatórias no modelo são: demanda de carvão, demanda de coque, exportação de produtos siderúrgicos, taxa de manutenção dos vagões, multa da *demurrage* dos navios e os novos fretes. Para a determinação da melhor distribuição a ser utilizada para realizar a simulação das variáveis, a área especialista para cada uma delas serão consultadas (os parâmetros utilizados nas distribuições de probabilidade serão mostrados na seção 5.1.1 – Hipóteses do Projeto).

**a) Demanda de Carvão, de Coque e Exportação de Produtos Siderúrgicos:**

De acordo com a área da Gerência de Suprimentos (GSUP) e da área da Gerência Comercial (GCOM) o histórico das demandas de carvão e de coque, assim como a de exportação de produtos siderúrgicos não obedecem a uma distribuição de probabilidade lógica. Porém, os especialistas dessas áreas forneceram algumas opiniões sobre os limites inferiores e superiores para os valores dessas variáveis, assim como dos valores mais prováveis utilizados em outros estudos da área.

Com o perfil descrito acima pelos especialistas, chegou-se a conclusão de que a melhor distribuição contínua de probabilidade que pode representar o comportamento dessas variáveis é a distribuição PERT (para mais detalhes dessa distribuição checar Anexo A – Distribuições de Probabilidade). Os parâmetros dessa distribuição são exatamente os limites inferiores e superiores, além do valor mais provável da variável.

Demand/Exportação	Carvão	Coque	PS
Limite Inferior	-	-	-
Limite Superior	-	-	-
Valor Mais Provável	-	-	-

**Tabela 6                  Parametrização da variável demanda/exportação**

Na simulação dessas variáveis aleatórias deve-se levar em consideração a correlação existente entre os seus comportamentos. As correlações entre essas variáveis foram obtidas de outros estudos da área de Gerência de Suprimentos. Estes números, de acordo com os analistas da área, foram calculados de dados históricos da empresa. Abaixo, segue a tabela contendo esses coeficientes de correlação:

Correlação (?)	Demand de Carvão	Demand de Coque	Exportação de PS
Demand de Carvão	1	0,95	0,85
Demand de Coque	0,95	1	0,85
Exportação de PS	0,85	0,85	1

**Tabela 7                  Correlação demanda/exportação**

**b) Taxa de Manutenção dos Vagões e Multa da *Demurrage* dos Navios:**

A área da Gerência de Infra-Estrutura (GIE), que tem como responsabilidade gerenciar todos os ativos logísticos da EMPRESA, ao ser consultado sobre o comportamento das variáveis de manutenção e da multa de *demurrage* informou que estas possuem comportamentos totalmente aleatórios, ou seja, podem ter tanto valores nulos quanto valores altos. Essa característica decorre do fato de que essas variáveis de entrada estão relacionadas a fatores também aleatórios como acidentes, quebras de máquinas, etc.

Por isso, utilizou-se a distribuição de probabilidade normal para representar o comportamento das variáveis (para mais detalhes dessa distribuição checar Anexo A – Distribuições de Probabilidade). Com relação aos seus parâmetros, tanto a média quanto o desvio padrão foram calculados pela GIE através de uma amostra significativa de dados históricos dessas variáveis.

<b>Incremento na taxa de manutenção</b>	
Média ( $\mu$ )	-
Desvio-Padrão (s)	-
<b>Aumento da multa de Demurrage</b>	
Média ( $\mu$ )	-
Desvio-Padrão (s)	-

**Tabela 8** Parametrização das variáveis manutenção e demurrage

**c) Fretes:**

A determinação dos fretes novos ainda depende de negociações entre a EMPRESA e a EMPRESA LOG. Este novo modelo tarifário do trecho vem sendo avaliado pela EMPRESA LOG através de um estudo ,simultâneo a este, ao qual se encontra em um estágio avançado.

<b>Fretes</b>	<b>Prob. (%)</b>	<b>Carvão</b>	<b>Coque</b>	<b>PS</b>
Baixa Probabilidade	-	-	-	-
Possível	-	-	-	-
Alta Probabilidade	-	-	-	-
Possível	-	-	-	-
Baixa Probabilidade	-	-	-	-

**Tabela 9** Parametrização da variável frete

Teoricamente, as variáveis correspondentes aos novos fretes deveriam ser tratadas como sendo determinísticas, caso o estudo do frete estivesse finalizado. Porém, devido ao nível de incerteza envolvendo as variáveis, decorrente do fato do estudo ainda estar em andamento (porém, estão em fase adiantada), estas também serão caracterizadas como uma variável aleatória.

Com o auxílio de especialistas de fretes da GIE e do pessoal envolvido no estudo do frete na EMPRESA LOG, criou-se uma distribuição discreta que sintetizasse os prováveis valores para o modelo tarifário da situação com os vagões adaptados. Esta distribuição, segue a seguinte distribuição de probabilidade:

Distribuição de Probabilidades Discreta dos Fretes					
	Baixa Probabilidade	Possível	Alta Probabilidade	Possível	Baixa Probabilidade
Frete (R\$/t)	Frete1	Frete2	Frete3	Frete4	Frete5
Prob. (%)	5%	15%	50%	25%	5%

**Tabela 10      Distribuição de probabilidade discreta do frete**

Assim como nas demandas de carvão, coque e a exportação de produtos siderúrgicos, os fretes devem possuir uma correlação entre os seus comportamentos. Isto porque se espera que a redução percentual dos fretes será realizada de forma igual aos três fretes. Por isso a tabela dos coeficientes de correlação dessas variáveis será da seguinte maneira:

Correlação (?)	Frete do Carvão	Frete do Coque	Frete dos Prod. Siderúrgicos
Frete do Carvão	1	1	1
Frete do Coque	1	1	1
Frete dos Prod. Siderúrgicos	1	1	1

**Tabela 11      Correlação fretes**

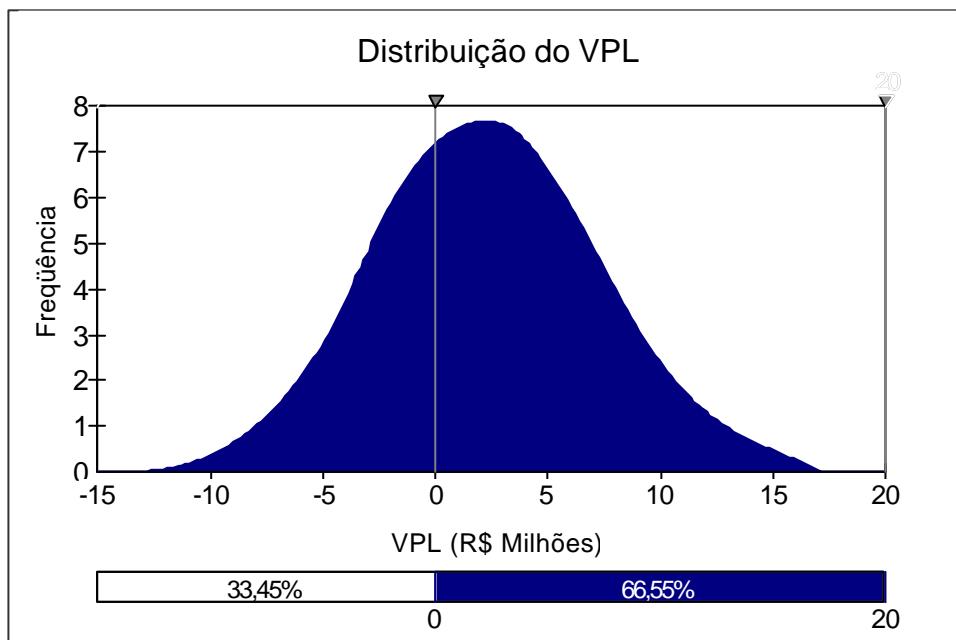
## Saídas do Modelo

Conforme discutido na revisão bibliográfica (seção 3.1.10 - Discussão dos Métodos), convencionou-se que seria utilizado o VPL para a análise da viabilidade econômica do projeto.

Portanto, as seguintes saídas serão fornecidas pelo modelo:

- VPL;
- Curva de probabilidade de perda ( $VPL < 0$ );
- Análise de sensibilidade do VPL.

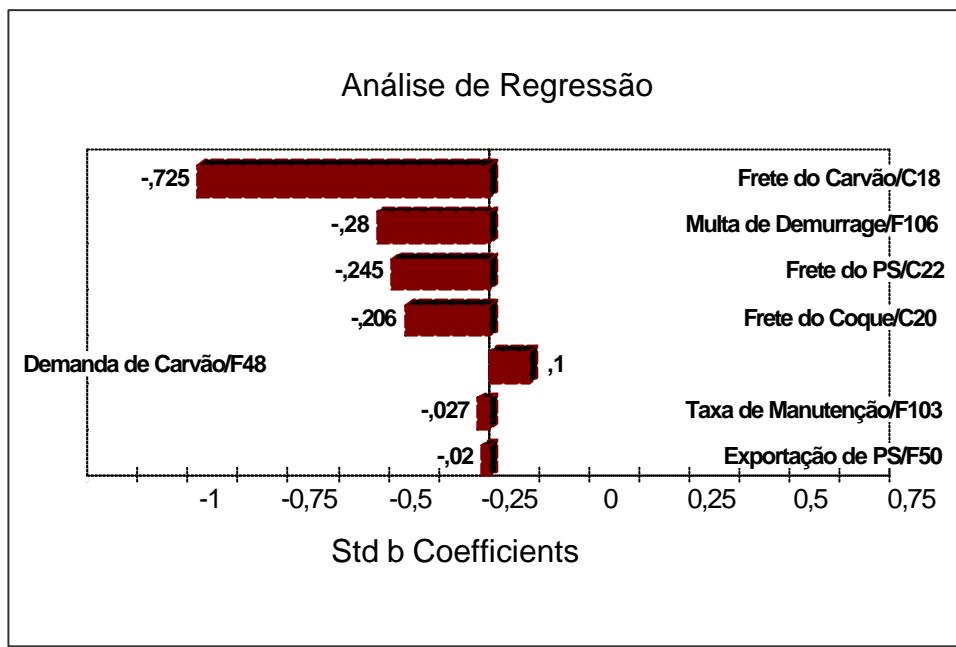
A curva de probabilidade de perda auxiliará na análise financeira do projeto, mostrando através de um gráfico, a probabilidade de o investimento ser capaz de gerar um VPL incremental maior ou igual a zero.



**Ilustração 5 Exemplo de curva de probabilidade de perda**

A análise de sensibilidade do VPL do projeto fornece a relação de todas as variáveis de entrada com o resultado final (variável de saída). Em outras palavras, o gráfico da análise de sensibilidade mostra quais as variáveis que possuem maior impacto no resultado quando

estas são simuladas conforme determinada distribuição de probabilidade. No exemplo a seguir, uma relação negativa mostra que um acréscimo na variável em questão causa uma variação negativa no VPL. E um decréscimo na variável causa uma variação positiva no VPL. O contrário ocorre para relações positivas.



**Ilustração 6** Exemplo de gráfico de análise de sensibilidade

## 5. APLICAÇÃO DO MODELO AO PROJETO

O projeto de flexibilização dos vagões será analisado com o modelo e os conceitos apresentados nos capítulos anteriores. Primeiramente, serão apresentados as hipóteses e os dados considerados em todas as variáveis de entrada para a avaliação econômica do projeto. Em seguida, os resultados serão gerados e as principais considerações serão levantadas.

### 5.1.1 Hipóteses do Projeto

Após o detalhamento do projeto na seção 2.2 (Proposta do Projeto) e das variáveis de entrada que devem ser levadas em consideração no modelo na seção 4.1.3 (Estudo Probabilístico), os dados numéricos utilizados para a análise econômica do projeto serão apresentados.

Alguns números foram voluntariamente alterados, pois a EMPRESA optou por manter em sigilo algumas informações que são consideradas confidenciais. Essas alterações não prejudicam a principal finalidade deste presente trabalho, pois se entende que a linha de raciocínio que fundamenta a análise econômica do projeto independe dos dados numéricos.

**a) Investimentos:**

Os investimentos, conforme detalhado na seção 2.2.2 (Investimentos), totalizam R\$ 4.017.000,00, conforme discriminado na tabela a seguir:

<b>Investimentos nos entrepostos</b>	R\$	268.000
Entreposto de limpeza	R\$	194.000,00
Plataformas	R\$	74.000,00
<b>Investimento - adaptação</b>	R\$	3.749.000
Adaptação do vagão	R\$/unid	11.500,00
<b>Investimento Total</b>	R\$	4.017.000

**Tabela 12      Modelo - Investimentos**

**b) Despesas Adicionais:**

As despesas adicionais, conforme descrito na seção 2.2.3 (Despesas Adicionais), englobam os custos adicionais fixos (mão de obra e aumento do seguro cobrado por cada vagão) e variáveis (aumento da taxa de manutenção e das multas de *demurrage*).

A abertura de novos postos de trabalho, decorrente da implementação do projeto, gerará uma despesa mensal adicional no fluxo de caixa incremental do modelo. As áreas responsáveis pela criação desses novos postos foram contatadas para o levantamento exato do número de pessoas necessárias e das respectivas remunerações mensais. Assim, a determinação da despesa adicional referente à mão de obra pode ser estimada como se seguem nos próximos parágrafos (para mais detalhes, checar seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Fixas – Mão de Obra).

Como o carregamento de produtos siderúrgicos nos vagões graneleiros se tornará um processo mais delicado, faz-se necessário a contratação de pelo menos mais 3 novas pessoas para cada turno de trabalho nos entrepostos de carregamento e de descarregamento de produtos siderúrgicos (usina e porto). Sendo que existem 3 turnos de trabalho de 8 horas cada, serão necessários  $3 \times 3 \times 2 = 18$  pessoas para estes novos postos. O salário considerado para este posto de trabalho é de 2 salários mínimos (R\$ 600,00).

Com a criação do entreposto de limpeza junto ao *car-dumper*, devem ser contratadas 3 novas pessoas para cada turno ( $3 \times 3 = 9$  novas contratações) com o 2 salários mínimos de remuneração (R\$ 600,00).

De acordo com a área encarregada do processo de manutenção dos vagões, a contratação de 3 novos técnicos com um salário de R\$ 1.500,00 cada será necessária para suprir a demanda maior de trabalho, caso os vagões sejam adaptados.

<b>Mão-de-obra</b>			
Carregamento/Descarregamento	R\$/mês	37.970	
Contratações	R\$/mês	19.810	
Salário	n	18	
Limpeza no <i>car-dumper</i>	R\$/mês	600	
Contratações	R\$/mês	9.905	
Salário	n	9	
Técnico de manutenção	R\$/mês	600	
Contratações	R\$/mês	8.254	
Salário	n	3	
Encargos sociais	R\$/mês	1.500	
	%	83,43%	

**Tabela 13**      **Modelo – Mão-de-obra**

Devido à mudança estrutural dos vagões, a empresa seguradora adiantou que o seguro sofreria um reajuste anual de 20% por causa do perfil da mudança, o que equivaleria a um aumento de aproximadamente R\$9.000,00 por vagão. Assim, o custo adicional mensal referente ao aumento do seguro seria de R\$ 750,00 por vagão (para mais detalhes, checar seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Fixas – Seguro).

<b>Seguro</b>			
Aumento do seguro	R\$/mês	244.500	
	R\$/mês/vagão	750	

**Tabela 14**      **Modelo - Seguro**

A área responsável pela manutenção dos vagões estima que o custo adicional de manutenção por quilômetro seria de aproximadamente R\$ 4,00, com a implementação do projeto. (ver seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Variáveis – Manutenção).

<b>Manutenção</b>	R\$/mês	18.201
Aumento na manutenção	R\$/km	4,00
Distância (Porto/Usina)	km	120

**Tabela 15**      **Modelo - Manutenção**

A taxa de manutenção de um vagão foi considerada como sendo uma variável aleatória, portanto, esta foi parametrizada conforme uma distribuição de probabilidade, que no caso é a distribuição normal (ver seção 4.1.3 Estudo Probabilístico – Variáveis Aleatórias de Entrada - Taxa de Manutenção dos Vagões e Multa da *Demurrage* dos Navios). Determinou-se então que a média ( $\mu$ ) seria igual à previsão realizada pela área especializada no assunto, ou seja, 4,00. Já o desvio-padrão ( $s$ ) da distribuição normal dessa variável seria 1,25.

<b>Incremento na taxa de manutenção</b>	
Média ( $\mu$ )	4,00
Desvio-Padrão ( $s$ )	1,25

**Tabela 16**      **Modelo – Parâmetros da manutenção**

Com as mudanças operacionais no transporte dos produtos siderúrgicos para exportação, a área de Gerência de Infra-Estrutura (GIE) espera que a multa decorrente do aumento da *demurrage* dos navios sofra um acréscimo estimado de aproximadamente R\$ 0,20 por tonelada de produtos siderúrgicos destinados para exportação (para mais detalhes, checar seção 2.2.3 Despesas Adicionais – Despesas Variáveis – *Demurrage*).

<b>Despesas Comerciais</b>	R\$/mês	220.000
<i>Demurrage</i>	R\$/t	0,20

**Tabela 17**      **Modelo –Demurrage**

Assim como a taxa de manutenção, a multa de *demurrage* possui um comportamento randômico. E como no caso anterior, escolheu-se a distribuição normal para a geração dos números aleatórios (ver seção 4.1.3 Estudo Probabilístico – Variáveis Aleatórias de Entrada - Taxa de Manutenção dos Vagões e Multa da *Demurrage* dos Navios). A média ( $\mu$ ) e o desvio-padrão ( $s$ ) utilizados foram de 0,20 e 0,05, respectivamente.

<b>Aumento da multa de Demurrage</b>	
Média ( $\mu$ )	0,20
Desvio-Padrão ( $s$ )	0,05

**Tabela 18**      **Modelo – Parâmetros demurrage**

### c) Despesas Evitadas:

As despesas evitadas referem-se à diferença do valor pago de frete à EMPRESA LOG antes do projeto com o valor que seria pago caso o frete viesse a sofrer um reajuste negativo (para mais detalhes, checar seção 2.2.4 Despesas Evitadas – Fretes).

O frete praticado na situação sem o projeto de investimento é de R\$ 9,64 por tonelada de carvão, R\$ 14,14 por tonelada de coque e de R\$ 9,74 por tonelada de produtos siderúrgicos. Caso o projeto seja implementado estes sofrerão uma redução. Porém, conforme explicado em capítulos anteriores (ver seção 4.1.3 Estudo Probabilístico – Variáveis Aleatórias de Entrada - Fretes), será utilizado uma distribuição de probabilidade discreta que irá caracterizar os prováveis valores dos fretes. As distribuições para cada frete estão caracterizadas na tabela abaixo:

<b>Fretes</b>	<b>Prob. (%)</b>	<b>Carvão</b>	<b>Coque</b>	<b>PS</b>
Baixa Probabilidade	5%	7,48	10,98	7,56
Possível	15%	7,90	11,59	7,98
Alta Probabilidade	50%	8,31	12,20	8,40
Possível	25%	8,73	12,81	8,82
Baixa Probabilidade	5%	9,15	13,42	9,24

**Tabela 19**      **Parâmetros fretes**

**d) Demanda de Carvão, de Coque e Exportação de Produtos Siderúrgicos:**

As demandas dos redutores e dos produtos siderúrgicos foram parametrizadas de acordo com a distribuição PERT (ver seção 4.1.3 Estudo Probabilístico – Variáveis Aleatórias de Entrada – Demanda de Carvão, de Coque e Exportação de Produtos Siderúrgicos). Na tabela a seguir, estão os seus respectivos parâmetros:

Demanda/Exportação	Carvão	Coque	PS
Limite Inferior	3.005.100	549.810	990.000
Limite Superior	3.839.850	702.535	1.265.000
Valor Mais Provável	3.339.000	610.900	1.100.000

**Tabela 20** Parâmetros demanda/exportação

### 5.1.2 Resultados

Com as informações e o modelo da avaliação econômica do projeto, foi possível realizar a simulação. As variáveis de entrada e de saída do modelo geradas em cada iteração foram integralmente listadas no APÊNDICE.

A tabela a seguir contém o valor esperado (média) das variáveis de entrada simuladas (as distribuições de probabilidade geradas em forma de gráfico para todas as variáveis de entrada podem ser encontradas no APÊNDICE).

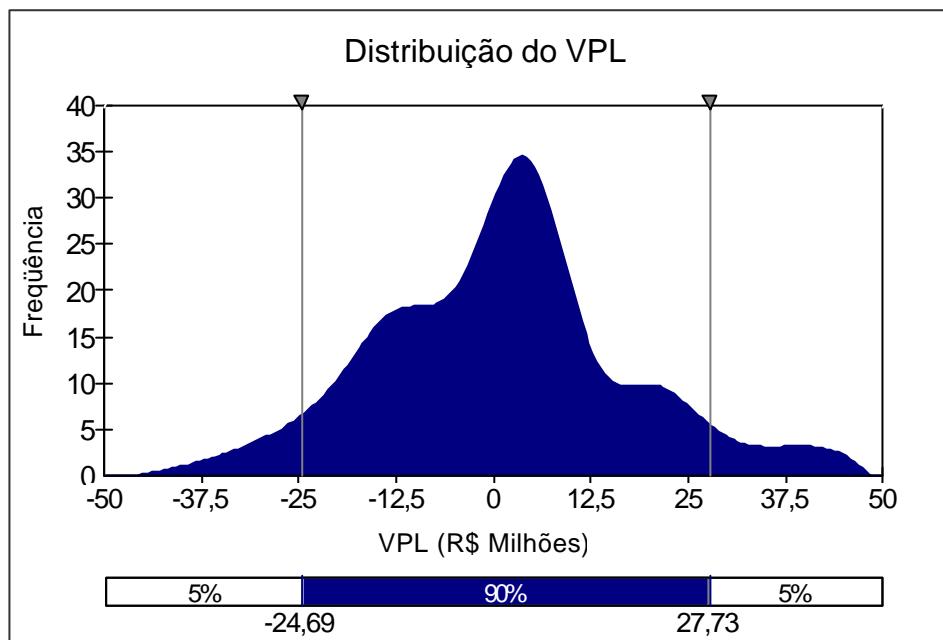
Variável de Entrada	Unidade (Base Anual)	Valor Esperado
Frete do Carvão	R\$/t	8,35
Frete do Coque	R\$/t	12,26
Frete do PS	R\$/t	8,44
Demandá de Carvão	t	3.366.815
Demandá de Coque	t	615.996
Exportação de PS	t	1.109.168
Taxa de Manutenção	R\$/km/vagão	4,00
Multa de Demurrage	R\$/t	0,20

**Tabela 21** Saída – Valores esperados das variáveis

Conforme dito, como saídas do modelo foram obtidos o VPL do projeto, assim como a distribuição de probabilidade do comportamento do VPL frente à simulação das variáveis aleatórias de entrada. A tabela a seguir e o gráfico de distribuição informam exatamente esses dados.

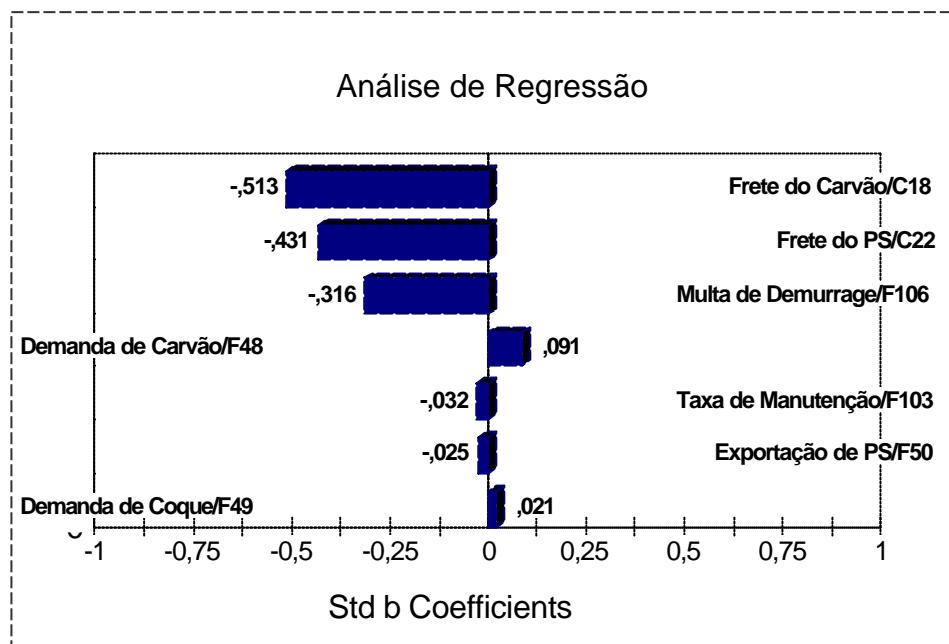
Variável de Saída	Unidade (Base Anual)	Valor Esperado
VPL	R\$	709.541

**Tabela 22** Saída – Valor esperado do VPL



**Ilustração 7** Saída do modelo – Gráfico de probabilidade de perda

Além disso, a análise de sensibilidade foi gerada através da figura a seguir. Esta mostra a influência no comportamento do valor do VPL, causada por variações nas entradas aleatórias.



**Ilustração 8** Saída do modelo – Gráfico de análise de sensibilidade

A simulação, de acordo com o critério de parada adotado, realizou 2000 iterações.

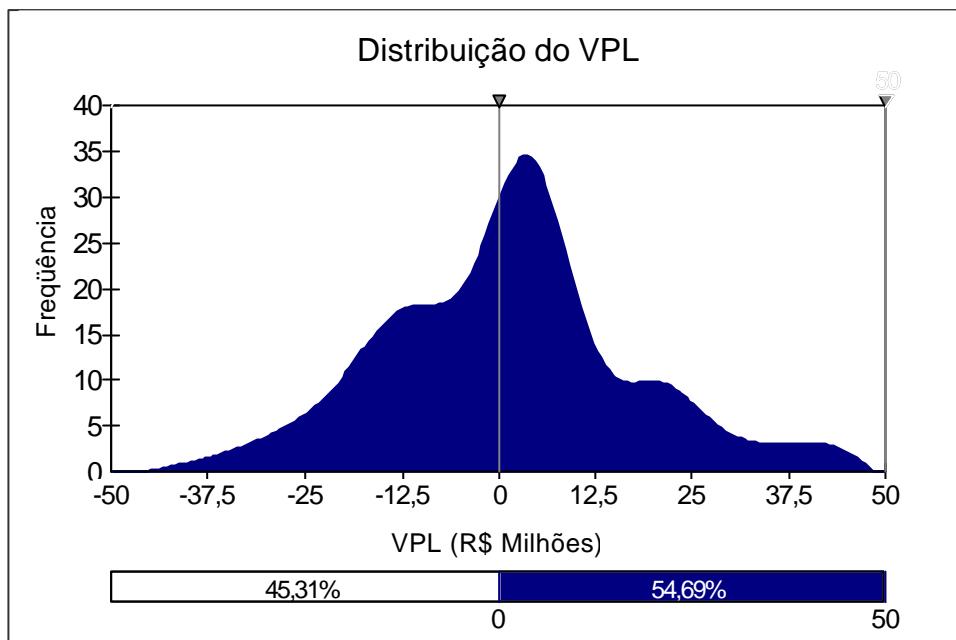
## 6. COMENTÁRIOS

Como discutido ao longo do trabalho, os resultados obtidos da simulação podem ser analisados conforme dois aspectos distintos, porém complementares. O primeiro caracteriza-se por levar em consideração a rentabilidade do projeto, isto é, analisa se o investimento agregará valor econômico adicional à empresa através da redução de algumas despesas. E a segunda ótica refere-se à mensuração das possibilidades do projeto não gerar os tais benefícios almejados, que no presente caso foi denominado de probabilidade de perda.

Portanto, para a avaliação econômica do projeto de flexibilização dos vagões, tanto a rentabilidade quanto o risco foram ponderados no momento da decisão. A seguir os resultados foram comentados, assim como as considerações pertinentes sobre a análise econômica.

De acordo com a tabela 22, concluiu-se que a diferença do VPL entre os dois cenários (com o projeto implementado e sem o projeto) era de R\$ 709.541,11, o que demonstra que o projeto é viável economicamente. Antes de entrar em maiores detalhes sobre a análise do resultado obtido, vale relembrar de que este valor positivo não representa a rentabilidade do projeto em si. Este, conforme explicado em capítulos anteriores, representa o quanto um cenário é mais econômico que o outro. Portanto, no caso deste trabalho, a implementação do projeto e seus investimentos, causaria uma redução de aproximadamente R\$ 101.006,00 por ano (valor uniforme líquido para 20 anos e uma taxa de 13%) nas despesas logísticas da EMPRESA.

A análise de risco, segundo critério escolhido, foi realizada através do conceito de probabilidade de perda, que por sua vez pode ser analisada através da ilustração 8, gerado pelo @Risk. Assim, de acordo com a ilustração 9, a análise gráfica para um VPL igual a zero, determina que a probabilidade de haver um cenário de premissas onde a implementação do projeto seja inviável ( $VPL < 0$ ) é de 45,31%.



**Ilustração 9 Saída do modelo – Probabilidade de perda**

A probabilidade de perda obtida pode ser considerada alta, pois se aproxima da situação de indiferença entre a aceitação ou a rejeição do investimento. Em outras palavras, o risco do projeto de não alcançar o seu principal objetivo, que é de reduzir a despesa logística da EMPRESA, é elevado.

Com as informações geradas pelas análises do VPL e de risco, a EMPRESA tem melhores condições para determinar se o projeto deve ou não ser implementado. Caso a análise focasse apenas no estudo do VPL incremental do projeto, dispensando o estudo do possível risco de fracasso do mesmo, a análise econômica possivelmente se restringiria a determinar se o projeto é viável economicamente ou não. Com a determinação da probabilidade de perda, unida à ferramenta utilizada para a simulação do modelo, é possível criar um plano de trabalho para estudar as possíveis oportunidades de mudança nas características mais relevantes para minimizar o risco do projeto.

Para validar as idéias acima, utilizou-se o modelo econômico de avaliação desenvolvido para realizar uma análise determinística do mesmo projeto. Portanto, neste novo modelo, a simulação das variáveis aleatórias foi excluída da análise, assim como a determinação da probabilidade de perda. De acordo com a tabela abaixo, os valores mais

prováveis (utilizados para a parametrização das distribuições de probabilidade) foram usados como premissas da avaliação do projeto.

Variável de Entrada	Unidade (Base Anual)	Valor Esperado
Frete do Carvão	R\$/t	8,31
Frete do Coque	R\$/t	12,20
Frete do PS	R\$/t	8,40
Demanda de Carvão	t	3.339.000
Demanda de Coque	t	610.900
Exportação de PS	t	1.100.000
Taxa de Manutenção	R\$/km/vagão	4,00
Multa de Demurrage	R\$/t	0,20

**Tabela 23** Análise determinística

Com estas hipóteses, o valor obtido para o VPL seria de R\$ 2.035.454,00. Certamente, o projeto seria aceito pela EMPRESA, pela simples concordância da seguinte condição: se o VPL for maior que zero, o projeto deve ser aceito, caso contrário, este deve ser rejeitado. E assim, nenhuma medida seria tomada para estudar, minimizar e mitigar a possibilidade da performance do projeto não seguir o que havia sido previamente previsto no momento da modelagem do problema.

De volta à análise, pode-se então determinar dentre todas as variáveis de entrada simuladas aquelas que influenciam de forma mais significativa o comportamento do VPL. Dessa forma, algumas considerações podem ser realizadas a partir do gráfico da análise de sensibilidade do VPL (ilustração 8).

De acordo com o gráfico, a variável que afeta o VPL de forma mais significativa é o frete de carvão, seguido do frete dos produtos siderúrgicos. Os fretes participam diretamente do cálculo das despesas evitadas (checlar seção 2.2.4 Despesas Evitadas – Fretes). Esta forte influência se deve ao fato do frete estar fortemente vinculado ao alto volume de matérias prima e produtos acabados transportados. Uma variação de um centavo de real no frete de carvão, por exemplo, causa um impacto da ordem de trinta mil reais nas despesas evitadas.

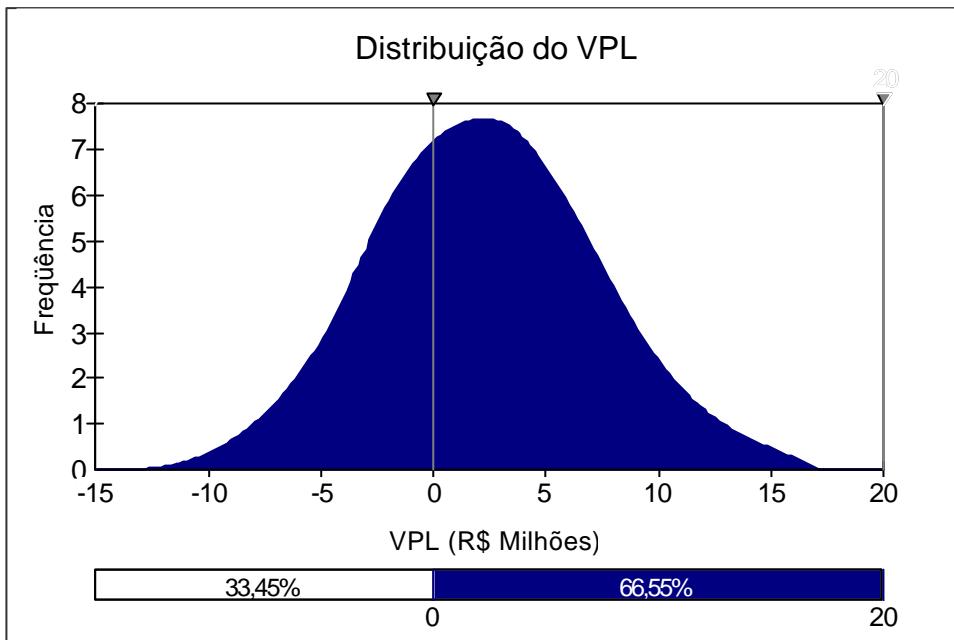
Com base nessa informação, constatou-se que a EMPRESA deve buscar negociar essa redução junto à EMPRESA LOG de forma a minimizar o risco do projeto, ou seja, quanto menores forem os novos fretes, maior será a probabilidade do projeto ser viável economicamente. Logo, a correta negociação dos fretes se tornou um fator crítico para o sucesso do projeto.

Neste caso, as distribuições discretas, que foram parametrizadas para a simulação dos fretes, foram amplamente discutidas e estudadas pelas áreas especialistas. Esta variável contribuiu para a percepção do risco de perda do projeto. Com base nisso, realizou-se uma simulação com o modelo desenvolvido, utilizando-se a hipótese de que os fretes não seriam mais considerados como sendo uma variável aleatória. Para isso, determinou-se que os fretes seriam iguais aos valores mais prováveis do estudo do frete.

<b>Valores Médios dos Fretes da Simulação (R\$/t)</b>	
Carvão	8,35
Coque	12,26
Produtos Siderúrgicos	8,44

**Tabela 24      Nova simulação – Fretes**

Mantendo as demais hipóteses inalteradas, a seguinte distribuição de probabilidade foi gerada:



**Ilustração 10 Simulação com fretes como variáveis determinísticas**

Logo, percebe-se que eliminando a incerteza sobre a determinação do frete, a probabilidade de perda do projeto tem o seu percentual reduzido (de 45,31% para 33,45%), assim como o risco do projeto.

A multa de *demurrage*, após os fretes, é uma variável que também causa um impacto significativo no comportamento do VPL. Esta influência origina-se da hipótese de que a multa é calculada a partir de uma taxa e do volume transportado de produtos siderúrgicos. Assim como nos fretes, a multa de *demurrage* sofre grandes variações frente a pequenas oscilações no volume de aço exportado.

A EMPRESA, neste caso, deve tomar algumas medidas preventivas para evitar atrasos de embarque de produtos para exportação, e assim, minimizar o risco do projeto. Caberia à área de GIE, que administra a logística da EMPRESA, realizar um trabalho para este fim. Medidas que visam a eficiência do fluxo de materiais, como por exemplo, aperfeiçoar o controle de estoques, otimizar a comunicação entre os agentes participantes do transporte

(usina, ferrovia e porto), realização periódica de manutenção preventiva nos vagões para evitar atrasos decorrentes de quebras, etc são válidas para mitigar o risco do projeto.

As demandas de carvão e coque e o volume de exportação de produtos siderúrgicos influenciam de forma menos significativa o resultado da avaliação econômica do projeto. A explicação disso reside no fato de que as oscilações dessas variáveis influenciam tanto no cálculo das despesas evitadas como nas despesas adicionais, de forma que no momento de formar o fluxo de caixa esta variação se torna relativamente pequena.

## 7. CONCLUSÃO

Grande parte deste trabalho foi direcionada a compreender os métodos e os conceitos usualmente utilizados para a análise econômica de um investimento, pois o seu principal objetivo era exatamente o de avaliar a viabilidade econômica de um projeto na EMPRESA.

Todos os métodos estudados, se aplicados de forma correta, fornecem fortes subsídios teóricos para se estudar a viabilidade econômica de um projeto. Porém, como será comentado posteriormente, estes não são suficientes para se determinar se o mesmo deve ser aceito ou rejeitado. Independente dos métodos e das hipóteses adotadas, o responsável pela modelagem e análise do problema deve sempre ter em mente de que os projetos de investimento devem buscar o incremento do valor da empresa, através da maximização do capital, em um período de tempo.

Devido ao perfil do problema, em relação às características do projeto, foi utilizado o método do VPL através do conceito de análise incremental. Assim, alguns termos como despesas adicionais e despesas evitadas foram empregados para auxiliar no processo de avaliação do projeto.

Outro aspecto relevante do trabalho foi o risco do projeto, que foi abordado através do conceito de probabilidade de perda. Com isso, foi possível perceber que as ferramentas de análise econômica (VPL, TIR, TIRM, *payback* descontado, etc.), quando utilizadas de forma isolada, não são suficientes para se determinar a aceitação ou a rejeição de uma alternativa de investimento. Portanto, concluiu-se que a mensuração do risco se faz necessária para que a correta escolha seja realizada.

Além disso, com base na análise de risco adotada, foi possível identificar as variáveis mais influentes da performance do projeto. A partir dessas variáveis determinou-se os principais aspectos que regem o comportamento de cada uma delas. Logo, por desdobramento das principais causas, esta análise conduziu ao levantamento dos principais fatores críticos para o sucesso do projeto.

Assim, a avaliação econômica de um projeto unido à determinação do seu risco torna-se uma poderosa ferramenta para a empresa, pois além de determinar se um investimento tem capacidade de gerar riqueza aos acionistas, uma análise realizada nos moldes deste trabalho possibilitará à empresa:

- criar estratégias de crescimento sustentável através da análise dos fatores críticos;
- determinar os pontos fracos de um projeto, antes mesmo deste ser implementado e;
- prospectar novas ações de investimento, buscando, nesse caso, reduzir as despesas já existentes.

## 8. ANEXO A – DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

### Distribuição Normal

A distribuição normal é definida pela função densidade de probabilidade:

$$(8) \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}[(x-\mu)/\sigma]^2} \quad (-\infty < x < +\infty)$$

Para caracterizar uma distribuição normal são necessários apenas dois parâmetros: o  $\mu$  e o  $\sigma$ , que respectivamente são a média e o desvio-padrão.

### Distribuição Pert

A distribuição pert é definida pela função densidade de probabilidade beta, e seus parâmetros são da seguinte maneira:

$$(9) \quad f(x) = f_b(x', \alpha_1, \alpha_2)$$

$$(10) \quad x' = \frac{x - \min}{\max - \min}$$

$$(11) \quad \alpha_1 = \frac{(\mu - \min) \cdot (2 \cdot x - \min - \max)}{(x - \mu) \cdot (\max - \min)}$$

$$(12) \quad \alpha_2 = \alpha_1 \cdot \frac{\max - \min}{\mu - \min}$$

$$(13) \quad \mu = \frac{\min + 4 \cdot mp + \max}{6}$$

Onde:  $\min$  = valor mínimo

$\max$  = valor máximo

$mp$  = valor mais provável.

## 9. ANEXO B – ENTRADAS E SAÍDAS DO MODELO

Serão apresentados a planilha de entrada de dados e o fluxo de caixa do modelo, com os dados referentes ao projeto estudado:

<b>DADOS</b>		
Início do Projeto	mês	jan/06
Taxa de Desconto	% aa	13%
Taxa de Desconto	% am	1,02%
Imposto de Renda	%	34,00%
<b>HIPÓTESES BÁSICAS</b>		
Frete Atual - Carvão	R\$/t	9,64
Frete Atual - Coque	R\$/t	14,14
Frete Atual - P.S	R\$/t	9,74
Frete novo - Carvão	R\$/t	8,31
Frete novo - Coque	R\$/t	12,20
Frete novo - P.S.	R\$/t	8,40
Vagões da empresa	n	326
Volume de carvão por vagão	t/vagão	56
Volume de coque por vagão	t/vagão	42
Volume de Prod. Sid. Por vagão	t/vagão	72
Demanda de carvão	t/ano	3.339.000
Demanda de coque	t/ano	610.900
Exportação de produtos siderúrgicos	t/ano	1.100.000
<b>INVESTIMENTOS</b>		
<b>Investimentos nos entrepostos</b>	R\$	268.000
Entrepósito de limpeza	R\$	194.000,00
Plataformas	R\$	74.000,00
<b>Investimento - adaptação</b>	R\$	3.749.000
Adaptação do vagão	R\$/unid	11.500,00
<b>Investimento Total</b>	R\$	4.017.000

<b>DESPESAS TOTAIS</b>				
<b>Despesas Evitadas</b>		R\$/mes	590.563	
<b>Despesas totais de frete atual</b>		R\$/mês	4.295.007	
Frete carvão		R\$/mês	2.682.330	
Frete coque		R\$/mês	719.844	
Frete produtos siderúrgicos		R\$/mês	892.833	
<b>Despesas totais de frete após investimento</b>		R\$/mês	3.704.444	
Frete novo carvão		R\$/mês	2.313.510	
Frete novo coque		R\$/mês	620.865	
Frete novo produtos siderúrgicos		R\$/mês	770.069	
<b>Despesas Fixas</b>		R\$/mês	282.470	
<b>Mão-de-obra</b>		R\$/mês	37.970	
Carregamento/Descarregamento		R\$/mês	19.810	
Contratações	n		18	
Salário	R\$/mês		600	
Limpeza no car-dumper	R\$/mês		9.905	
Contratações	n		9	
Salário	R\$/mês		600	
Técnico de manutenção	R\$/mês		8.254	
Contratações	n		3	
Salário	R\$/mês		1.500	
Encargos sociais	%		83,43%	
<b>Seguro</b>		R\$/mês	244.500	
Aumento do seguro	R\$/mês/vação		750	
<b>Despesas Variáveis</b>		R\$/mês	238.201	
<b>Manutenção</b>		R\$/mês	18.201	
Aumento na manutenção	R\$/km		4,00	
Distância (Porto/Usina)	km		120	
<b>Despesas Comerciais</b>		R\$/mês	220.000	
Demurrage	R\$/t		0,20	
<b>Despesas Adicionais Totais</b>	R\$		520.671	
<b>PARAMETRIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS</b>				
<b>Demanda/Exportação</b>		<b>Carvão</b>	<b>Coque</b>	<b>PS</b>
Límite Inferior		3.005.100	549.810	990.000
Límite Superior		3.839.850	702.535	1.265.000
Valor Mais Provável		3.339.000	610.900	1.100.000
<b>Incremento na taxa de manutenção</b>				
Média ( $\mu$ )		4,00		
Desvio-Padrão (s)		1,25		
<b>Aumento da multa de Demurrage</b>				
Média ( $\mu$ )		0,20		
Desvio-Padrão (s)		0,05		
<b>Fretes</b>	<b>Prob. (%)</b>	<b>Carvão</b>	<b>Coque</b>	<b>PS</b>
Baixa Probabilidade	5%	7,48	10,98	7,56
Possível	15%	7,90	11,59	7,98
Alta Probabilidade	50%	8,31	12,20	8,40
Possível	25%	8,73	12,81	8,82
Baixa Probabilidade	5%	9,15	13,42	9,24

## Fluxo de Caixa

Contador	0	1	2	3		238	239
Data	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	//	nov/25	dez/25
Investimento	(4.017.000)	-	-	-	-	-	-
Despesas Operacionais	-	(520.671)	(520.671)	(520.671)	(520.671)	(520.671)	(520.671)
Imposto de Renda	-	(1.980)	(1.980)	(1.980)	(1.980)	(1.980)	(1.980)
Despesas Evitadas	-	590.563	590.563	590.563	590.563	590.563	590.563
<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>(4.017.000)</b>	<b>67.912</b>	<b>67.912</b>	<b>67.912</b>	<b>67.912</b>	<b>67.912</b>	<b>67.912</b>
NPV	2.035.454						

## **10. ANEXO C - DEMONSTRATIVO DE RESULTADO**

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1977.

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1997.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7º ed. São Paulo: Harba Ltda., 2002

GRANT, E. L.; IRESON, W. G.; LEAVENWORTH, R. S. **Principles of engineering economy**. 17º ed. s. l. John Wiley & Sons, 1982.

HERNANDEZ, A.E. **Modelos na análise de decisão: um estudo comparativo entre a utilização de árvores de decisão e de diagramas de influência**. São Paulo, 1992. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica**. 6º ed. São Paulo: Atlas Ltda., 1998.

LAPPONI, J. C. **Avaliação de projetos de investimento: modelos em Excel**. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora Ltda., 1996.

MCMILLAN, C.; GONZALES, R. F. **Systems analysis: a computer approach to decision models**. Homewood, Irwih, 1965.

PARK, C. S.; SHARP-BETTE, G. P. **Advanced engineering economics**. s. l. John Wiley & Sons, 1990.