

# Aplicação do DEA na Avaliação dos Indicadores de Produtividade das Concessionárias Ferroviárias de Cargas Brasileiras com Base nos Investimentos Realizados

Henrique Altoé Valdetaro

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil (Transportes)

Mestrado em Engenharia Civil (Transportes)  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória, Junho de 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

HENRIQUE ALTOÉ VALDETARO

**APLICAÇÃO DO DEA NA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE  
PRODUTIVIDADE DAS CONCESSIONÁRIAS FERROVIÁRIAS DE  
CARGA BRASILEIRAS COM BASE NOS INVESTIMENTOS  
REALIZADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em transportes.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Monteiro da Costa Cruz

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRÍTO SANTO**

Vitória – ES, junho de 2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

V144 Valdetaro, Henrique Altoé, 1980-  
a Aplicação do DEA na avaliação dos indicadores de  
produtividade das concessionárias ferroviárias de cargas  
brasileiras com base nos investimentos realizados / Henrique Altoé  
Valdetaro. – 2008.  
160 f. : il.

Orientador: Marta Monteiro da Costa Cruz.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro Tecnológico.

1. Ferrovias. 2. Transporte ferroviário de carga. 3. Análise de  
envoltória de dados. 4. Investimentos. I. Cruz, Marta Monteiro da  
Costa. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro  
Tecnológico. III. Título.

CDU: 624

---

APLICAÇÃO DO DEA NA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE  
PRODUTIVIDADE DAS CONCESSIONÁRIAS FERROVIÁRIAS DE  
CARGAS BRASILEIRAS COM BASE NOS INVESTIMENTOS  
REALIZADOS

Henrique Altoé Valdetaro

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Transportes.

Aprovada em 19 de junho de 2008, por:

Prof. Dr. Marta Monteiro da Costa Cruz  
Doutora em Engenharia de Transportes  
Depto de Eng de Produção / UFES  
Orientadora

Prof. Dr. Gregório Coelho de Moraes Neto  
Doutor em Engenharia de Transportes  
Depto de Eng de Produção / UFES  
Examinador Interno

Prof. Dr. Marco Antônio Farah Caldas  
Doutor em Logística e Transportes  
Depto de Produção / UFF-RJ.  
Examinador Externo

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRÍTO SANTO

Vitória – ES, junho de 2008

Este trabalho é dedicado a  
minha família, fonte de bons  
exemplos que levarei por toda  
minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela saúde e bem estar de todos ao meu redor, pela paz e conforto nas horas de luta.

A minha família, por acreditar nos meus sonhos. Agradecimento especial ao meu pai Marcos Ronaldo Valdetaro e minha mãe Iraci Maria Altoé Valdetaro, pelos exemplos de vida. Aos meus irmãos, Virginia Altoé Valdetaro e Leandro Altoé Valdetaro, pelo apoio.

À Prof.<sup>a</sup> Marta Monteiro da Costa Cruz, pelas orientações, pelo compartilhamento de seus conhecimentos e pela confiança em mim depositada.

Ao Prof.<sup>o</sup> Gregório Coelho de Moraes Neto, por aceitar o convite para a banca examinadora e pelas aulas na fase dos créditos.

Ao Prof.<sup>o</sup> Marco Antônio Farah Caldas, por aceitar o convite para a banca examinadora.

À Renata, pelo carinho, compreensão e ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos.

Aos colegas do mestrado, pelos momentos de amizade e companheirismo.

À CAPES, pelo fornecimento de bolsa de estudos em parte do meu curso de Mestrado.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as relações entre os itens de investimento e indicadores de produção das concessionárias ferroviárias de carga brasileiras, através do uso da Análise Envoltória de Dados – DEA, a partir do cruzamento das informações contidas nos relatórios anuais das concessionárias ferroviárias de carga do Brasil. Cada concessionária ferroviária de carga foi eleita como uma DMU. Os insumos selecionados foram os investimentos em veículos (VEIC), via (VIA) e telecomunicação e sinalização (TELESIN). Os produtos selecionados foram os indicadores de produtividade, consumo de combustível (CCOMB), índice de acidentes (IA), tonelada quilômetro útil (TKU) e tonelada útil (TU). Foram elaborados modelos para verificação da influência da restrição aos pesos e para verificação da influência do período diferenciado em 01 ano entre a aplicação do recurso no item de investimento e a apuração do resultado operacional pelos indicadores de produtividade. Os resultados mostraram que é possível realizar comparações e avaliar níveis de eficiência. Com a comparação entre os modelos gerados, foi possível determinar as DMU's de referência para cada indicador de produtividade.

Palavras-chave: transporte ferroviário, Análise Envoltória de Dados, investimentos ferroviários.

## **ABSTRACT**

This work has as objective to analyze the relations between investment and production indicators of Brazilian heavy haul railroad concessionaires. It was used the Data Envelopment Analysis – DEA model to cross the information obtained in Brazilian heavy haul railroad concessionaires annual reports. Each concessionaire was elected as a DMU – Decision Making Unit. The selected inputs were the investments in vehicles (VEIC), railroad line (VIA) and telecommunication and signalling (TELESIN). The selected productivity indicators were, fuel consumption (CCOMB), index of accidents (IA), ton useful kilometer (TKU) and useful ton (TU). Two kind of analyses were made. One considering the investments and productivity indicators in the same year of its occurrence and other with a delay of one year between investment and production. The results showed that it is possible to make comparisons and to evaluate efficiency levels. With the comparison between the generated models, it was possible to determine the DMU's of reference for each of productivity indicator.

Key-words: railroad transport, Data Envelopment Analysis, railroad investments.

## Sumário

Índice de figuras .....	9
Índice de gráficos.....	10
Índice de tabelas .....	14
<b>1. Introdução.....</b>	<b>19</b>
1.1. <i>Objetivos</i> .....	19
1.1.1. <i>Objetivo Específico</i> .....	20
1.2. <i>Motivação</i> .....	20
1.3. <i>Estrutura da Dissertação</i> .....	21
<b>2. Método quantitativo de avaliação – Análise Envoltória de Dados (DEA).....</b>	<b>22</b>
2.1. <i>Definição da DEA</i> .....	22
2.2. <i>Justificativa do Modelo Não-Paramétrico (DEA)</i> .....	22
2.3. <i>Evolução Histórica da Metodologia, Principais Características e Exemplos de Utilização para Avaliação do Desempenho</i> .....	25
2.4. <i>Métodos da Técnica DEA</i> .....	27
2.5. <i>Descrição das Etapas de Implementação da Técnica DEA</i> .....	29
2.5.1. <i>Identificação e seleção dos fatores relevantes</i> .....	31
2.5.2. <i>Análise quantitativa não-DEA</i> .....	32
2.5.3. <i>Análise utilizando o método DEA</i> .....	33
2.6. <i>Formalização do Modelo DEA</i> .....	33
2.7. <i>Aplicações da Técnica DEA</i> .....	35
2.7.1. <i>Aplicação ao transporte marítimo</i> .....	36
2.7.2. <i>Aplicação no transporte aéreo</i> .....	38
2.7.3. <i>Aplicação no transporte rodoviário</i> .....	40
<b>3. Sistema ferroviário brasileiro .....</b>	<b>42</b>
3.1. <i>As concessionárias ferroviárias de carga</i> .....	45
3.1.1. <i>Ferrovias Novoeste S.A.</i> .....	45
3.1.2. <i>Ferrovias Centro-Atlântica S.A.</i> .....	48
3.1.3. <i>MRS Logística S.A.</i> .....	50
3.1.4. <i>Ferrovias Tereza Cristina S.A.</i> .....	53
3.1.5. <i>ALL - América Latina Logística do Brasil S.A.</i> .....	55
3.1.6. <i>Companhia Ferroviária do Nordeste</i> .....	59
3.1.7. <i>FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.</i> .....	61
3.1.8. <i>Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM</i> .....	64
3.1.9. <i>EFC – Estrada de Ferro Carajás</i> .....	66
3.1.10. <i>FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.</i> .....	68
3.1.11. <i>FERRONORTE S.A. - Ferrovias Norte Brasil</i> .....	70
3.1.12. <i>Incorporação da Brasil Ferrovias pela ALL</i> .....	73
<b>4. Itens de investimento e indicadores de produção aplicados às concessionárias ferroviárias de carga brasileiras .....</b>	<b>75</b>
4.1. <i>Plano trienal de investimentos</i> .....	77
4.2. <i>Base de dados da ANTT, itens de investimento e indicadores de produção</i> .....	78
4.2.1. <i>Indicadores de desempenho</i> .....	78
4.2.2. <i>Itens de investimentos</i> .....	91
4.3. <i>Seleção dos indicadores de produção e itens de investimento</i> .....	91

<b>5.</b>	<b>Aplicação do DEA .....</b>	<b>96</b>
5.1.	<i>Definição do modelo DEA para o caso analisado .....</i>	96
5.2.	<i>Dados existentes sobre as variáveis selecionadas.....</i>	97
5.3.	<i>Análise do DEA .....</i>	103
5.3.1.	<i>Análise do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos.....</i>	106
5.3.2.	<i>Análise do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade com restrição aos pesos .....</i>	112
5.3.3.	<i>Análise completa do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos.....</i>	116
5.3.4.	<i>Análise do DEA com a agregação dos anos como DMU sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade e sem restrição aos pesos.....</i>	128
5.3.5.	<i>Análise completa do DEA com defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos.....</i>	133
5.3.6.	<i>Análise do DEA com a agregação dos anos como DMU com defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade e sem restrição aos pesos.....</i>	145
5.3.7.	<i>Análise geral.....</i>	149
<b>6.</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>154</b>
6.1.	<i>Conclusões finais.....</i>	155
6.2.	<i>Recomendações para estudos futuros.....</i>	155
<b>7.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>157</b>

## Índice de figuras

Figura 1 – Curva de possibilidade de produção onde o eixo Y representa os produtos e o X os insumos. (Surco, 2004) .....	23
Figura 2 – Retornos de escala caracterizados pelo gráfico da tecnologia. (Surco, 2004) .....	29
Figura 3 – Modelos DEA usados e seus relacionamentos. ....	39
Figura 4 - Ilustração das análises piloto que foram geradas. ....	104
Figura 5 - Ilustração das análises completas que foram geradas. ....	105

## Índice de gráficos

Gráfico 1 – Investimentos nas ferrovias brasileiras. (fonte: ANTT, 2006) .....	42
Gráfico 2 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia Novoeste. (Fonte: ANTT, 2005) .....	47
Gráfico 3 – Investimento em Material Rodante na ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	47
Gráfico 4 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	47
Gráfico 5 – Investimento em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	47
Gráfico 6 – Índice de acidentes para a ferrovia Novoeste. (Fonte: ANTT, 2005).....	47
Gráfico 7 – Consumo de Combustível na ferrovia Novoeste, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005) .....	47
Gráfico 8 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FCA. (Fonte: ANTT, 2005) ..	49
Gráfico 9 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	49
Gráfico 10 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	49
Gráfico 11 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	49
Gráfico 12 – Índice de Acidentes para a ferrovia FCA. (Fonte: ANTT, 2005).....	50
Gráfico 13 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia MRS. (Fonte: ANTT, 2005)	52
Gráfico 14 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	52
Gráfico 15 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	52
Gráfico 16 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	52
Gráfico 17 – Índice de Acidentes para a ferrovia MRS. (Fonte: ANTT, 2005) .....	52
Gráfico 18 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FTC. (Fonte: ANTT, 2005).	54
Gráfico 19 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	54
Gráfico 20 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	54

Gráfico 21 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	55
Gráfico 22 – Índice de Acidentes para a ferrovia FTC. (Fonte: ANTT, 2005).....	55
Gráfico 23 – Investimento em Capacitação Pessoal para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	55
Gráfico 24 – Consumo de Combustível para a ferrovia FTC, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005) .....	55
Gráfico 25 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia ALL. (Fonte: ANTT, 2005)	57
Gráfico 26 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia ALL, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	57
Gráfico 27 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia ALL, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	58
Gráfico 28 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia ALL, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	58
Gráfico 29 – Índice de Acidentes para a ferrovia ALL. (Fonte: ANTT, 2005).....	58
Gráfico 30 – Investimento em Capacitação Pessoal para a ferrovia ALL, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	58
Gráfico 31 – Consumo de Combustível para a ferrovia ALL, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005) .....	58
Gráfico 32 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia CFN. (Fonte: ANTT, 2005)	60
Gráfico 33 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia CFN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	60
Gráfico 34 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia CFN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	61
Gráfico 35 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia CFN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005) .....	61
Gráfico 36 – Índice de Acidentes para a ferrovia CFN. (Fonte: ANTT, 2005).....	61
Gráfico 37 – Consumo de Combustível para a ferrovia CFN, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005) .....	61
Gráfico 38 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FERROBAN. (Fonte: ANTT, 2005) .....	63
Gráfico 39 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	63
Gráfico 40 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	63

Gráfico 41 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	63
Gráfico 42 – Índice de Acidentes para a ferrovia FERROBAN. (Fonte: ANTT, 2005).....	63
Gráfico 43 – Consumo de Combustível para a ferrovia FERROBAN, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005).....	63
Gráfico 44 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia EFVM. (Fonte: ANTT, 2005).....	65
Gráfico 45 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	65
Gráfico 46 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	65
Gráfico 47 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	65
Gráfico 48 – Índice de Acidentes para a ferrovia EFVM. (Fonte: ANTT, 2005).....	66
Gráfico 49 – Consumo de Combustível para a ferrovia EFVM, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005).....	66
Gráfico 50 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia EFC. (Fonte: ANTT, 2005).....	67
Gráfico 51 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia EFC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	67
Gráfico 52 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia EFC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	68
Gráfico 53 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia EFC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	68
Gráfico 54 – Índice de Acidentes para a ferrovia EFC. (Fonte: ANTT, 2005).....	68
Gráfico 55 – Consumo de Combustível para a ferrovia EFC, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005).....	68
Gráfico 56 – Índice de Acidentes para a ferrovia FERROESTE. (Fonte: ANTT, 2005).....	70
Gráfico 57 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FERROESTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	70
Gráfico 58 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FERRONORTE. (Fonte: ANTT, 2005).....	72
Gráfico 59 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	72
Gráfico 60 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	72

Gráfico 61 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005).....	72
Gráfico 62 – Índice de Acidentes para a ferrovia FERRONORTE. (Fonte: ANTT, 2005).....	73
Gráfico 63 – Consumo de Combustível para a ferrovia FERRONORTE, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005).....	73

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Dados dos terminais de contêineres em 2005 .....	37
Tabela 2 – Classificação por eficiência para o ano de 2005 – Modelo CCR.....	37
Tabela 3 – Concessionárias e respectivas malhas ferroviárias arrendadas .....	44
Tabela 4 – Relação de indicadores de produtividade e itens de investimentos selecionados para aplicação no DEA.....	95
Tabela 5 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia América Latina Logística – ALL. ....	97
Tabela 6 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN. ....	98
Tabela 7 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Estrada de Ferro Carajás – EFC.....	98
Tabela 8 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Estrada de Ferro Vitória à Minas – EFVM.....	98
Tabela 9 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Centro Atlântica – FCA. ....	98
Tabela 10 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Bandeirantes – FERROBAN.....	99
Tabela 11 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Tereza Cristina – FTC.....	99
Tabela 12 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia MRS.....	99
Tabela 13 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia NOVOESTE. ....	99
Tabela 14 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia América Latina Logística – ALL.....	100
Tabela 15 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN... ..	101
Tabela 16 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Estrada de Ferro Carajás – EFC.....	101
Tabela 17 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Estrada de Ferro Vitória à Minas – EFVM.....	101
Tabela 18 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Centro Atlântica – FCA.....	101
Tabela 19 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Bandeirantes – FERROBAN. ....	101
Tabela 20 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Tereza Cristina – FTC. ....	102
Tabela 21 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia MRS.....	102
Tabela 22 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Novoeste.....	102

Tabela 23 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB. ....	106
Tabela 24 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o IA. ....	106
Tabela 25 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB. ....	107
Tabela 26 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o IA. ....	107
Tabela 27 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o TKU. ....	108
Tabela 28 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo a TU. ....	108
Tabela 29 – Pesos para o ano de 2004. ....	109
Tabela 30 – Pesos para o ano de 2003. ....	109
Tabela 31 – Pesos para o ano de 2002. ....	110
Tabela 32 – Pesos para o ano de 2001. ....	110
Tabela 33 – Pesos para o ano de 2000. ....	110
Tabela 34 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB após aplicação da restrição aos pesos 01. ....	112
Tabela 35 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o IA após aplicação da restrição aos pesos 02. ....	113
Tabela 36 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB após aplicação da restrição aos pesos 03. ....	114
Tabela 37 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o IA após aplicação da restrição aos pesos 04. ....	114
Tabela 38 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o TKU após aplicação da restrição 05. ....	115
Tabela 39 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo a TU após aplicação da restrição 06. ....	115
Tabela 40 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB. ....	117
Tabela 41 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero. ....	117
Tabela 42 – Insumos Veic, Telesin e produto IA. ....	118
Tabela 43 – Insumos Veic, Telesin e produto IA, exceto DMU's com insumos zero. ....	118
Tabela 44 – Insumos, Veic, Telesin e produto TKU. ....	119

Tabela 45 – Insumos, Veic, Telesin e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	119
Tabela 46 – Insumos Veic, Telesin e produto TU .....	120
Tabela 47 – Insumos Veic, Telesin e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	120
Tabela 48 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB .....	121
Tabela 49 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU’s com insumos zero .....	121
Tabela 50 – Insumos Via, Telesin e produto IA .....	122
Tabela 51 – Insumos Via, Telesin e produto IA, exceto DMU’s com insumos zero .....	122
Tabela 52 – Insumos Via, Telesin e produto TKU .....	123
Tabela 53 – Insumos Via, Telesin e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	123
Tabela 54 – Insumos Via, Telesin e produto TU .....	123
Tabela 55 – Insumos Via, Telesin e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	124
Tabela 56 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB .....	124
Tabela 57 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB, exceto DMU’s com insumos zero .....	125
Tabela 58 – Insumos Via, Veic e produto IA .....	125
Tabela 59 – Insumos Via, Veic e produto IA, exceto DMU’s com insumos zero .....	125
Tabela 60 – Insumos Via, Veic e produto TKU .....	126
Tabela 61 – Insumos Via, Veic e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	126
Tabela 62 – Insumos Via, Veic e produto TU .....	127
Tabela 63 – Insumos Via, Veic e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	127
Tabela 64 – Resultado para análise total dos dados .....	129
Tabela 65 – Resultados com DMU’s que obtiveram 100% em algum indicador de produtividade .....	130
Tabela 66 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade CCOMB .....	130
Tabela 67 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade IA .....	131
Tabela 68 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TKU .....	132
Tabela 69 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TU .....	133
Tabela 70 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB .....	134
Tabela 71 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU’s com insumos zero .....	134
Tabela 72 – Insumos Veic, Telesin e produto IA .....	135

Tabela 73 – Insumos Veic, Telesin e produto IA, exceto DMU’s com insumos zero .....	135
Tabela 74 – Insumos Veic, Telesin e produto TKU .....	136
Tabela 75 – Insumos Veic, Telesin e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	136
Tabela 76 – Insumos Veic, Telesin e produto TU .....	137
Tabela 77 – Insumos Veic, Telesin e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	137
Tabela 78 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB .....	138
Tabela 79 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU’s com insumos zero .....	138
Tabela 80 – Insumos Via, Telesin e produto IA .....	139
Tabela 81 – Insumos Via, Telesin e produto IA, exceto DMU’s com insumos zero .....	139
Tabela 82 – Insumos Via, Telesin e produto TKU .....	140
Tabela 83 – Insumos Via, Telesin e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	140
Tabela 84 – Insumos Via, Telesin e produto TU .....	141
Tabela 85 – Insumos Via, Telesin e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	141
Tabela 86 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB .....	142
Tabela 87 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB, exceto DMU’s com insumos zero .....	142
Tabela 88 – Insumos Via, Veic e produto IA .....	143
Tabela 89 – Insumos Via, Veic e produto IA, exceto DMU’s com insumos zero .....	143
Tabela 90 – Insumos Via, Veic e produto TKU .....	144
Tabela 91 – Insumos Via, Veic e produto TKU, exceto DMU’s com insumos zero .....	144
Tabela 92 – Insumos Via, Veic e produto TU .....	145
Tabela 93 – Insumos Via, Veic e produto TU, exceto DMU’s com insumos zero .....	145
Tabela 94 – Resumo dos dados e investimentos para 1 ano de defasagem. ....	146
Tabela 95 – Resultados com DMU’s que obtiveram 100% em algum indicador de produtividade, com defasagem de 1 ano entre o ano do investimento e o ano do resultado operacional .....	147
Tabela 96 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade CCOMB .....	147
Tabela 97 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade IA .....	148
Tabela 98 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TKU .....	148
Tabela 99 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TU .....	149

Tabela 100 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise sem a defasagem entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.....	150
Tabela 101 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise geral, sem a defasagem entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.....	150
Tabela 102 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise considerando diferença de 01 ano entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados. ....	151
Tabela 103 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise considerando diferença de 01 ano entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados. ....	152
Tabela 104 – DMU's que se destacaram na avaliação dos indicadores de produtividade.....	152

## **1. Introdução**

A infra-estrutura de transporte é um pré-requisito, mas não é uma garantia, para o desenvolvimento econômico. O intensivo esforço de países desenvolvidos para aumentar a exportação de produtos agrícolas, por exemplo, requer oportuna disponibilidade de sementes, fertilizantes, e outros e também, razoáveis acessos entre as fazendas e o mercado consumidor. A exportação de produtos industrializados requer um eficiente transporte de matérias primas, por exemplo, tão bom quanto a distribuição do produto final. Transporte para exportação requer adequadas facilidades portuárias e conexões com transportes terrestres. O custo das importações pode ser elevado devido a atrasos na operação portuária (ADLER, 1987).

A importância do investimento em transportes é inerente ao fato de que parte significativa desses investimentos, nos países em desenvolvimento, envolve o comércio exterior, importação e exportação (ADLER, 1987).

O desempenho ferroviário depende, dentre outros fatores, dos investimentos realizados. Conhecer o direcionamento dado aos investimentos se faz necessário à medida que se busca a melhoria de desempenho do transporte.

### **1.1. Objetivos**

São objetivos deste trabalho:

Analisar as relações entre os itens de investimentos e indicadores de produção das concessionárias ferroviárias de carga do Brasil através do uso da Análise Envoltória de Dados (DEA), a partir do cruzamento das informações contidas nos relatórios anuais das concessionárias ferroviárias de carga do Brasil.

Com as informações obtidas, espera-se auxiliar o processo decisório, suprindo os gerentes com informações consolidadas de modo que a melhoria desejada para um indicador de produtividade seja obtida de forma mais direta, mais rápida e com menos investimentos em itens que talvez pouco influenciem naquele indicador de produtividade.

A Análise Envoltória de Dados – DEA é um método determinístico para uma análise paramétrica, incluindo pesos (importâncias) aos dados, de modo a gerar um modelo que represente melhor a relação entre os itens de investimento e os indicadores de produtividade. O DEA utiliza a programação linear para realizar comparação entre entidades de mesmas características, associando um valor a cada entidade analisada, de modo que seja possível realizar uma classificação entre todas as entidades analisadas.

### **1.1.1. Objetivo Específico**

O trabalho tem como objetivo específico a seleção dos indicadores mais relevantes, inclusive com o uso de regressão de tal maneira, que permita melhor representar a relação entre os investimentos realizados numa ferrovia e os refletidos em forma de indicadores de produtividade. Os indicadores de produtividade e itens de investimento serão a base de dados utilizada no trabalho e são dados disponíveis nos relatórios anuais de concessão divulgados pela ANTT.

Prever, com certo grau de confiabilidade, os investimentos necessários para atender as metas de produtividade e redução do índice de acidentes exigidos contratualmente quando da privatização das ferrovias brasileiras.

## **1.2. Motivação**

Contratualmente, as concessionárias ferroviárias de carga necessitam atingir metas de produtividade e de redução do índice de acidentes. Para tanto, os diretores e gerentes precisam de informações que possam ajudar o processo de tomada de decisão de quanto investir, onde investir e como investir recursos financeiros, visando tanto a melhoria dos índices controlados pela União, como também a rentabilidade do negócio ferroviário como um todo.

É importante destacar que as concessionárias ferroviárias de carga brasileiras também são obrigadas, por força dos contratos de concessão, (Cláusula Nona – Das Obrigações da Contratada, item XVI) a apresentar, anualmente, o plano trienal de investimentos à ANTT. Cabe à ANTT verificar e aprovar este plano de forma

coerente com as metas de produção e segurança acordadas com as concessionárias.

Além da busca por informações que ajudem o processo decisório, também procura-se avaliar a existência de uma relação entre os investimentos realizados e possíveis melhorias alcançadas na produtividade e, também, nos índices de acidentes das concessionárias ferroviárias de carga brasileiras.

### **1.3. Estrutura da Dissertação**

A dissertação foi organizada em capítulos que são, a seguir, descritos em linhas gerais:

#### Capítulo 2 – Método quantitativo de avaliação – Análise Envoltória de Dados (DEA)

Descreve o modelo de Análise Envoltória de Dados – DEA desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes e relata a existência de dois modelos básicos, o CRS – Constant Returns to Scale e o VRS – Variable Returns to Scale. Também são apresentadas algumas aplicações do DEA a problemas de transporte.

#### Capítulo 3 – Sistema ferroviário brasileiro

Descreve o sistema ferroviário brasileiro e as características das concessionárias ferroviárias de carga.

#### Capítulo 4 – Itens de investimento e indicadores de produção aplicados às concessionárias ferroviárias de carga brasileiras

Descreve o plano trienal de investimentos e o modelo de fiscalização determinado pela ANTT, utilizando-se os indicadores ferroviários. Relata sobre os indicadores existentes, explicando-os.

#### Capítulo 5 – Aplicação do DEA

Descreve algumas aplicações da técnica DEA a problemas de transportes e a aplicação do DEA ao problema proposto neste trabalho.

#### Capítulo 6 – Conclusão

Apresenta a conclusão e as considerações finais sobre as análises efetuadas.

## **2. Método quantitativo de avaliação – Análise Envoltória de Dados (DEA)**

### **2.1. Definição da DEA**

A Análise Envoltória dos Dados (DEA) pode ser conceituada como uma técnica de Pesquisa Operacional, baseada na Programação Linear, que visa comparar o desempenho operacional de unidades de produção.

O objetivo da metodologia é a construção de uma fronteira de produção, cujos pontos representam combinações eficientes de insumos para produzir um determinado produto, a partir de um conjunto de possibilidades de produção que vem a ser todas as possíveis combinações de produtos, utilizando determinados insumos.

### **2.2. Justificativa do Modelo Não-Paramétrico (DEA)**

A discussão sobre a mensuração da eficiência das empresas iniciou com o trabalho de Farrel (1957), no qual determina o que entende por eficiência econômica.

Segundo Coelli (1996), Farrel propôs que a eficiência de uma empresa é constituída por dois componentes: eficiência técnica, a qual reflete na capacidade de uma empresa obter produtividade máxima de um dado conjunto de entradas, e eficiência de atribuições, que reflete na capacidade de uma empresa usar as entradas em proporções ótimas, dado os seus respectivos custos. Estas duas medidas são depois combinadas para fornecer uma conta de total eficiência econômica.

No trabalho desenvolvido por Farrel, que deu início aos trabalhos sobre Função de Fronteira de Produção, é estimada uma isoquanta unitária eficiente com a utilização da programação linear, sendo, a seguir, derivada a medida de eficiência.

O conceito de fronteira de produção foi desenvolvido pela teoria econômica e a função de produção é uma demonstração empírica do conceito. A isoquanta é uma curva que representa todas as combinações de insumos que resultam no mesmo volume de produção e, portanto, uma forma de descrição da função de produção é dada através de um conjunto de isoquantas (ou mapa de isoquantas).

A fronteira de produção, ou função de fronteira, foi derivada de uma função produção média para medir a eficiência entre as empresas. Ao contrário de uma função de produção, a função de fronteira de produção incorpora uma restrição, pois devido à tecnologia, nenhuma empresa consegue exceder um nível máximo. A fronteira é elaborada como um limite, considerando as dimensões das unidades produtivas (outputs) e o conjunto de insumos (inputs).

Na Figura 1, é apresentado um conjunto de possibilidades de produção, isto é, os produtos  $y$  que podem ser produzidos utilizando os insumos  $x$ . A curva apresenta todas as combinações de insumos e quantidades produzidas que são possíveis. Ao longo da curva  $OZ$ , encontram-se os pontos eficientes, pois otimizam a utilização dos insumos produzidos, permitindo um máximo de produção. Assim sendo, os pontos  $A$  e  $B$  são considerados eficientes e o ponto  $C$ , abaixo da curva, é exemplo de um patamar de produção ineficiente.

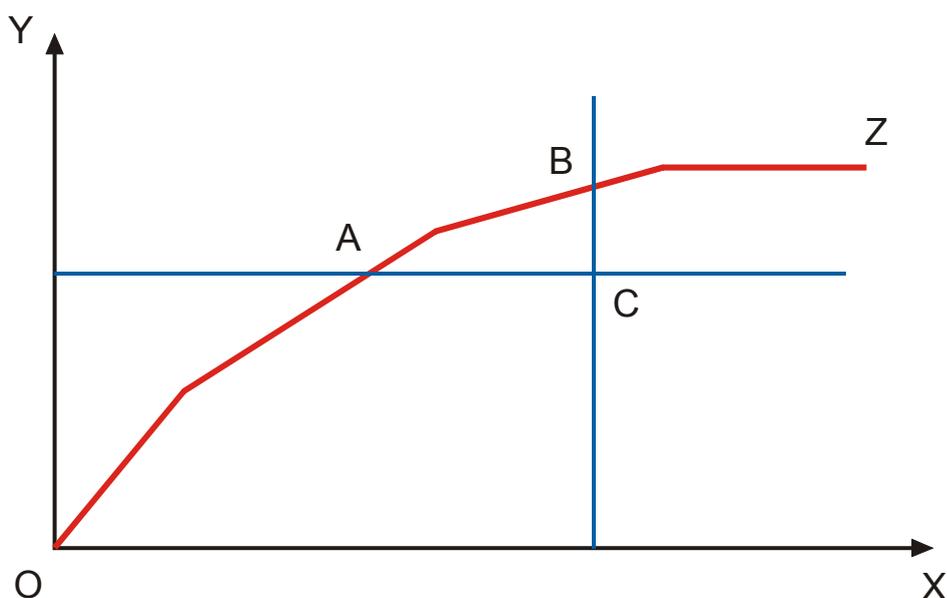


Figura 1 – Curva de possibilidade de produção onde o eixo  $Y$  representa os produtos e o  $X$  os insumos. (Surco, 2004)

A eficiência produtiva pode decorrer da eficiência técnica e da alocativa. A eficiência técnica é a medida determinada pelas possibilidades de produção e a alocativa é definida em termos de custos, receitas e lucros, ou seja, é a determinada em termos de variáveis econômicas. A dificuldade em obter informações precisas sobre os preços dos fatores de produção e dos produtos, resulta em obstáculo para o cálculo da eficiência alocativa. Assim, a eficiência técnica em muitos estudos, como salienta Melgarejo (2001), é utilizada como *proxy* da eficiência produtiva.

A fronteira de produção pode ser classificada em determinística ou estocástica, conforme o tipo de modelo utilizado e, conseqüentemente, conforme os condicionantes responsáveis pelos diferentes desempenhos das unidades de produção. Nos modelos determinísticos, não ocorre associação com estruturas de probabilidades e nos modelos estocásticos, verifica-se a associação, devido à forma que associa o termo do erro à regressão, sendo mais rica em hipóteses.

A fronteira é denominada determinística quando as diferenças de desempenho das empresas em relação à fronteira são atribuídas inteiramente à ineficiência técnica. Por sua vez, a maior generalidade do modelo de fronteira estocástica está na sua possibilidade de distinguir se a divergência observada entre um dado nível de produção e sua contrapartida sobre a fronteira estocástica se deve à ineficiência ou à variação aleatória em relação à fronteira. (DUARTE, 2003).

Segundo Duarte (2003), no modelo determinístico, os fatores externos à empresa, como variações climáticas ou problemas na entrega de insumos, são contabilizados como ineficiência, limitando a abordagem.

No modelo estocástico, por sua vez, os fatores que podem ser responsáveis pela divergência entre a produção observada da empresa e a fronteira, são considerados. Os fatores podem ser: erros de medida dos produtos e insumos, "[...] os choques exógenos, tais como o mau tempo e a interrupção no suprimento de insumos e outra que depende dela (empresa), classificável genericamente como capacidade gerencial." (DUARTE, 2001). Assim sendo, a principal vantagem do modelo estocástico está em sua possibilidade de distinção dos fatores responsáveis pela empresa estar produzindo fora da fronteira, ou seja, se advém de ineficiências técnicas ou fatores aleatórios.

A eficiência produtiva pode ser avaliada com base em modelos paramétricos e não paramétricos. Nos modelos paramétricos "são buscadas unidades de referência situadas sobre uma linha de fronteira estimada a partir de função de produção que relaciona o máximo de output (possível ou esperado) para dada combinação de *inputus* (estimado ou observado)" (MELGAREJO, 2001). O *input* (entrada) pode ser considerado como os fatores de produção e o *output* (saída) como o produto. A

desvantagem desse modelo advém da necessidade de uma forma funcional para a tecnologia e da incorporação de um termo representando as ineficiências.

Já nos modelos não paramétricos "as referências são buscadas sobre uma linha de fronteira desenhada com base nas unidades de máximo desempenho observadas" (MELGAREJO, 2001). Nessa proposta, os modelos partem de situações concretas. As unidades observadas permitem a construção de uma fronteira de produção empírica que constituem modelos de desempenho que passam atuar como benchmarks para as demais unidades.

Um dos métodos não-paramétricos utilizados para o estudo da produtividade e da eficiência é a Análise Envoltória dos Dados, uma técnica de pesquisa operacional, que permite a mensuração da eficiência das unidades produtivas. O método realiza uma análise comparativa de organizações que usam os mesmos recursos (*inputs*) para produzir os mesmos produtos (*outputs*), obtendo informações para calcular uma fronteira de eficiência.

### **2.3. Evolução Histórica da Metodologia, Principais Características e Exemplos de Utilização para Avaliação do Desempenho**

A Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA) foi desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com o objetivo de determinar a eficiência econômica relativa das empresas, excluindo o aspecto financeiro, e que trabalhassem com múltiplos insumos e produtos.

Com a dissertação para obtenção do grau de Ph.D de Edward Rhodes, orientada por W.W. Cooper, em 1978, teve início a história da técnica DEA. O objetivo da dissertação era desenvolver um método de estimativa da eficiência técnica das escolas públicas, sem necessitar ponderar as entradas e saídas e de converter as variáveis em valores econômicos passíveis de serem comparáveis.

A técnica DEA em uma série de modelos e técnicas de construção de fronteiras de produção e medidas de eficiência que não necessitam de uma função prévia e nem da definição de pesos para insumos e produtos, permite a conversão de várias entradas e saídas em uma única medida de eficiência, possibilitando verificar quais unidades são eficientes e quais são ineficientes.

A técnica DEA permite medir diferenças de desempenho de unidades que possuem os mesmos insumos e produtos. As unidades de tomadas de decisão são chamadas de Unidades Tomadoras de Decisões (*Decision Making Units - DMUs*) que podem ser unidades organizacionais, unidades institucionais, secretarias de estado, sociedades e outras. Cada DMU pode ser representada por um conjunto de *outputs* e um conjunto de *inputs*.

A técnica conduz a uma superfície envoltória formada pelas unidades mais eficientes que se tornam referência para as demais unidades. É uma medida de eficiência detectada pela distância de cada unidade de tomada de decisão à fronteira e também permite elaborar projeções das unidades ineficientes. Na realidade, a comparação é problemática, pois é difícil encontrar duas unidades que estejam utilizando os mesmos insumos e obtendo os mesmos produtos. A resposta da metodologia DEA para tornar possível a comparação é o uso da programação linear.

A vantagem da análise é a flexibilidade da valoração das unidades de produção, pois permite que sejam valoradas com o que apresentam de melhor e que, por sua vez, está vinculado aos fatores de análise selecionados pelo pesquisador. Além disso, o crescente interesse pela metodologia advém da possibilidade de uso em casos envolvendo muitas atividades com múltiplos insumos e produtos, permitindo resultados mais completos.

Para Cooper, Seiford e Tone (1999) uma das razões das diferentes aplicações do método advém do fato de que a técnica DEA tem aberto possibilidades para utilização em casos que tenham sido resistentes a outras abordagens, devido ao complexo (freqüentemente desconhecido) caráter da relação entre as múltiplas entradas e as múltiplas produtividades envolvidas em muitas destas atividades (que são freqüentemente relatadas em unidades imensuráveis)

A análise de regressão resulta em uma reta que representa uma média do desempenho das unidades que estão sendo observadas, enquanto a análise envoltória de dados resulta em uma superfície côncava que é a união dos pontos que representam as unidades eficientes, em que é possível desdobrar a ineficiência de uma empresa em ineficiência de escala e ineficiência técnica, possibilitando, inclusive, sua mensuração.

As principais características do método DEA são as seguintes:

- não é necessário converter as variáveis em unidades monetárias. As medidas das variáveis podem ser diferentes, porém as organizações avaliadas devem pertencer a uma mesma unidade de produção, com *inputs* e *outputs* similares;
- os índices de eficiência construídos originam-se de dados reais;
- as organizações que se encontram fora da média do comportamento detectado podem ser consideradas como *benchmarks* a serem estudados;
- permite considerar vários critérios na determinação do índice de eficiência;
- é uma medida de eficiência relativa, pois parte dos dados apresentados, não sendo possível, conseqüentemente, determinar uma eficiência absoluta, fora do quadro de análise.

Em suma, a técnica DEA é uma técnica não-paramétrica, pois não propõe uma função com parâmetros para serem estimados, mas gera uma função de produção implícita com a programação linear. A tecnologia é a do grupo ou empresa estudada e não uma dada por uma função de produção.

Apesar do caráter determinístico, a técnica DEA, ao contrário do método de fronteira estocástica de caráter probabilístico, é a que mais se aproxima da possibilidade de comparação de um produtor com o grupo a que se insere.

## 2.4. Métodos da Técnica DEA

São dois os ângulos de análise possível com a técnica DEA: o primeiro trabalha com retornos constantes de escala de produção e denominam-se CRS ou CCR de Charnes, Cooper e Rhodes (1978); e o segundo VRS (Variable Returns to Scale) ou BCC de Banker, Charnes e Cooper (1984), que pressupõe retornos variáveis de escala e desconsidera a proporcionalidade entre inputs e outputs. Os retornos variáveis de escala representam diferentes tecnologias de produção e podem ser crescentes, decrescentes ou constantes.

Os métodos estão relacionados aos retornos de produção advindos das mudanças na escala de produção, ou seja, o que acontece com a produção quando ocorre uma alteração dos insumos produtivos. O modelo CCR refere-se à situação na qual a alteração do volume de insumos provoca uma alteração da produção, na mesma proporção. O modelo BBC descreve a situação na qual a alteração do montante de

insumos provoca um aumento (ou diminuição) da produção mais do que proporcional.

A diferença das duas óticas de análise está relacionada aos componentes da eficiência produtiva que são eficiência de escala e eficiência técnica. O modelo CCR é usado para calcular o indicador de eficiência de escala e o modelo BCC a eficiência técnica.

No que se refere aos retornos de escala, ou seja, a resposta da produção ao aumento da quantidade de insumos produtivos pode ser verificada a retornos constantes ou variáveis, sendo que, neste caso, podem apresentar retornos crescentes, decrescentes, não-crescentes e não-decrescentes.

Os **Retornos constantes** de escala são verificados quando maiores quantidades de insumos provocam aumento proporcional dos produtos, assumindo que as unidades operam em escala ótima, com maximização da utilização dos insumos.

Na situação de retornos de escala variável, as empresas podem ter retornos crescentes ou decrescentes. Os resultados podem ser: **retornos crescentes** que ocorrem na situação em que maiores quantidades de insumos provocam aumento mais que proporcional dos produtos; retornos **decrescentes**, quando o acréscimo dos insumos provoca queda da produção; retornos **não-crescentes** (tal resultado verifica-se quando da ocorrência de indivisibilidades tecnológicas, por exemplo, a aquisição de locomotivas em que há limitações para sua operação em dado pátio) advêm da situação em que o aumento dos insumos resulta em um aumento menos que proporcional da produção; e, finalmente, retornos de escala **não-decrescentes** são observados em unidades que, ao ampliarem os insumos, a produção mantém-se constante. (Surco, 2004)

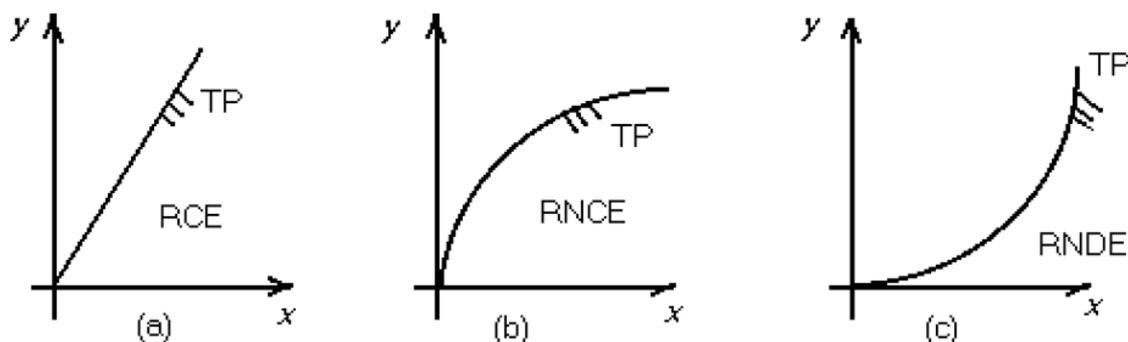


Figura 2 – Retornos de escala caracterizados pelo gráfico da tecnologia. (Surco, 2004)

Na aplicação do método, o pesquisador pode optar por analisar a eficiência do ponto de vista dos inputs/insumos ou dos outputs/produto. A opção não irá afetar os resultados, pois ambas tendem a estimar a mesma fronteira e, conseqüentemente, apontar as mesmas unidades eficientes. Porém, como a empresa Coelli (1996), as unidades ineficientes podem ser alteradas nos dois métodos. A sugestão é que seja escolhida a variável de análise de eficiência pelos itens (*inputs* ou *outputs*) em que a unidade tenha maior controle.

Segundo Dos Anjos (2005) as principais vantagens do uso do método DEA são as seguintes:

- incorpora inúmeros insumos e produtos no cálculo da eficiência, necessitando apenas de informações quantitativas sobre tais elementos;
- □apresenta modelos eficientes de organizações que podem ser perseguidas pelas demais;
- □determina prováveis fontes de eficiência e de ineficiência e permite decompor as fontes de eficiência (técnica e alocativa).

## 2.5. Descrição das Etapas de Implementação da Técnica DEA

Segundo Golany e Roll (1989), em um estudo de eficiência utilizando o método DEA, devem ser executadas três etapas:

- i. Definição e seleção de DMUs para a análise.
- ii. Determinação de entrada e produtividade dos fatores que são relevantes e adequados para avaliação da relativa eficiência da seleção DMUs.
- iii. Aplicação dos modelos da técnica DEA e análise de conseqüências.

Na seleção das unidades organizacionais, parte-se do princípio que todas as unidades apresentam performances diferentes e que são passíveis de serem

avaliadas. Considerando, inclusive, que são administradas diferentemente uma das outras. Assim sendo, procuram-se unidades homogêneas para ser possível a comparação, mas tenta-se identificar as diferenças entre as DMUs. Essa suposta contradição, proeminente na fase de seleção das organizações, acompanha toda a aplicação do método DEA.

No momento de selecionar as empresas, deve ser considerado um grupo homogêneo de unidades e, para tanto, alguns critérios são norteadores da seleção para evitar distorções nos resultados.

Os critérios são:

- a) similaridades tecnológicas;
- b) convergência das atividades desenvolvidas e dos objetivos;
- c) fatores de entrada (inputs) e saídas (outputs) das organizações devem ser similares, excetuando suas intensidade e importância para as empresas.

Com relação ao tamanho da amostra, ou de DMUs, existe uma propensão a aumentar o tamanho, devido ao fato de que quanto maior a amostra, maior a possibilidade de obter uma fronteira de eficiência com as unidades de mais elevado desempenho, além de permitir uma melhor apuração das relações de saídas e entradas de recursos.

Deve-se, também, ter cuidado na relação entre o tamanho da amostra e a quantidade de fatores incluídos, pois, se o número de DMUs em relação aos fatores for pequeno, pode ocorrer uma elevação dos indicadores de desempenho, tornando um grande número de DMUs eficiente.

Uma regra, para Golany e Roll (1989), é a de que o número de unidades deveria ser pelo menos duas vezes o número considerado de saídas e entradas. Contudo, com um aumento da amostra, é possível incorporar mais *inputs* e *outputs*, resultando em uma heterogeneidade das empresas, o que amplia a possibilidade do resultado ser afetado por fatores externos.

Além disso, a técnica DEA é sensível ao tamanho e à composição das saídas (*outputs*), pois, dependendo da dimensão (quantidade de produtos ou serviços envolvidos em uma variável de saída) dos *outputs* a listagem das unidades eficientes pode ser alterada, como, por exemplo, um produto único sendo

considerado *output* das empresas. A alternativa é utilizar medidas combinadas, ou seja, considerar a soma de mais de um produto ou serviços na variável de saída para analisar a eficiência. Porém, segundo Souza et. al. (2003), "o inconveniente de seu uso é que pode haver alguma contagem em dobro, devido à natureza dos componentes do produto". Mas, os autores relatam que a contagem em dobro também pode ocorrer no caso de ser considerada mais de uma variável de saída, ou seja, um vetor de produto múltiplo.

A busca pelos fatores relevantes pode ser realizada em três etapas, segundo Golany e Roll (1989), e que são as seguintes:

- a) identificação e seleção dos fatores relevantes;
- b) análise quantitativa não-DEA;
- c) análise baseada na técnica DEA.

A seguir, será descrito, brevemente, cada momento de determinação dos fatores relevantes.

### **2.5.1. Identificação e seleção dos fatores relevantes**

Nesta fase, deve ser analisado o campo de atuação da empresa. O problema de identificação dos fatores é que eles podem ser confundidos - fatores que determinam a eficiência com os fatores que explicam as diferenças de eficiência.

Golany e Roll (1989) citam, como exemplo, o fator trabalho que pode determinar a eficiência, enquanto a proporção do fator pode explicar a eficiência. Os autores propõem algumas questões para, ao serem respondidas, orientarem a seleção dos fatores:

- o fator selecionado está contribuindo para o objetivo de análise?
- as informações fornecidas pelo fator são pertinentes?
- o fator contém elementos que afetam a noção de eficiência técnica, como por exemplo, o preço?
- os dados estão disponíveis e são confiáveis?

## 2.5.2. Análise quantitativa não-DEA

Os vários fatores devem receber valores numéricos. Os fatores podem receber diferentes unidades de medida: unidades físicas, unidades monetárias, número de pessoas, etc.

Outro grupo de fatores é o formado pelos fatores qualitativos, cuja inclusão é característico do método DEA. Eles precisam, porém, assumir valores numéricos para participarem da avaliação matemática. O usual é identificar alguma variável mensurável que possa substituir e assumir relações conhecidas para vários níveis do fator qualitativo. Os critérios para a escolha dos fatores substitutos são o grau de correspondência entre as variações do substituto e o fator examinado; a capacidade de expressar a correspondência em uma forma funcional e a concordância geral dos resultados para os objetivos analisados.

O próximo passo, ainda desta fase, visa descrever as relações de produção, bem como analisar e classificar os fatores de entrada e de saída. Os recursos utilizados pelas unidades ou as condições que afetam suas operações são consideradas as entradas e os benefícios mensuráveis constituem as saídas. No geral, a classificação é direta mas quando os fatores podem ser classificados como fatores de entrada ou de saída, a decisão final irá depender do analista (DOS ANJOS, 2005).

Um procedimento para classificação é a utilização de uma série de análises de regressão dos fatores, um de cada vez. Uma relação fraca para entrada e forte para saída indica uma tendência a classificar o fator como sendo de entrada. Ao contrário, ou seja, uma relação forte para entrada e fraca para saída aponta para um fator de saída. Relação fraca para todos os fatores indica uma necessidade de reexaminar o fator e, no limite, eliminar o fator. Por sua vez, relações fortes para todos os fatores indicam que a informação apresentada já está sendo representada por outros fatores e, novamente, a saída pode ser a eliminação do fator.

Análises semelhantes devem ser realizadas para que as entradas e as saídas sejam definidas, eliminando redundâncias e reduzindo a lista de fatores. Os testes de regressão devem ser meramente indicativos para uma análise mais apurada de alguns fatores.

### 2.5.3. Análise utilizando o método DEA

A última fase de análise dos fatores consiste na aplicação do método DEA, ou seja, analisar as DMUs e apontar diferenças de eficiência entre as empresas, utilizando o modelo DEA.

Os fatores que permanecerem serão os analisados, sendo que os fatores com pouco impacto sobre a eficiência podem ficar de fora. O objetivo é discriminar as DMUs eficientes, usando os fatores selecionados e, assim sendo, aqueles que não contribuem para isso podem ficar de fora. Para testar o poder de discriminação dos diferentes fatores, o modelo utiliza uma série de combinações desses fatores.

O modelo DEA pode ser orientado pelos *inputs* ou *outputs*: ambas as orientações irão estimar a mesma fronteira de eficiência, ou seja, ambas convergem na identificação das DMUs eficientes, não comprometendo os resultados obtidos. A diferença pode ocorrer na identificação das DMUs ineficientes. Contudo, Coelli (1996), na escolha da orientação do modelo, devem-se considerar as quantidades de *inputs* ou quantidades de *outputs* de que os gestores detêm o maior controle.

## 2.6. Formalização do Modelo DEA

Existem dois modelos DEA clássicos: o modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978, Apud Cooper et al. 2004) e BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984). O modelo CCR se aplica às unidades que trabalham com tecnologias de retornos constantes (ou proporcionais) de escala. Em sua formulação matemática, considera-se que cada DMU<sub>0</sub>, ou DMU objetivo, é uma unidade de produção que utiliza insumos  $x_{i0}$ ,  $i = 1, \dots, m$ , para produzir  $y_{r0}$ ,  $r = 1, \dots, s$ . Este modelo determina a eficiência técnica pela divisão entre a combinação linear dos insumos e a combinação linear dos produtos, com a restrição de que, para qualquer DMU, esse quociente não pode ser maior que a unidade.

O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), também chamado de VRS (Variable Returns to Scale), diferencia-se do modelo CCR por considerar a possibilidade de rendimentos variáveis de escala na fronteira eficiente, não assumindo proporcionalidade entre os insumos e produtos. Este modelo é relevante

para o estudo da eficiência por admitir que nem sempre a tecnologia apresenta retornos constantes de escala, podendo tal retorno crescer, decrescer ou permanecer constante à medida que se reduz ou aumenta a escala de produção. O modelo BCC abrange um espaço  $P'$  de possibilidades de produção, menor do que o espaço  $P$  do modelo CCR, sendo que a eficiência técnica no modelo  $BCC \geq CCR$

A escolha do modelo VRS vem do fato de se poder lidar com eficiências de escala, ou seja, uma companhia eficiente não precisa ter a máxima relação entre *outputs* e *inputs*, uma vez que se considera a escala de operação. Para o caso de uma análise de eficiência entre companhias aéreas, Mello et al. (2003) cita que esta característica permite que companhias de tamanhos diferentes, como por exemplo, uma companhia que opera em escala nacional e internacional, tendo na sua frota grande quantidade de aviões como MD11, Boeing 767 e 737, e companhias que operam em rotas regionais de pequeno alcance, utilizando essencialmente uma pequena frota de aviões turbo-hélice de até 30 lugares, sejam analisadas utilizando o mesmo modelo.

Os modelos BCC orientados a insumo e produto são apresentados no Quadro 1, onde RCE = rendimentos constantes; RVE = rendimentos variáveis; RNC rendimentos não crescentes e RND = rendimentos não decrescentes. No modelo dos multiplicadores BCC,  $\mu_0$  e  $\nu_0$  (Quadro 1) são variáveis (hiperplanos) relacionadas à condição de convexidade  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = k$ , do modelo envoltório, no qual os valores de  $k$  são interpretados como fatores de escala da seguinte forma: se  $k = livre$ , o modelo é de Retornos Constantes de Escala - RCE; se  $k > 1$ , o modelo é de Retornos não Decrescentes de Escala – RND; Se  $k = 1$ , o modelo é de Retornos Variáveis de Escala – RVE; se  $k < 1$ , o modelo é de Retornos não Crescentes de Escala – RNC (Cooper et al. 2004).

Os  $\lambda_j$  são as ponderações das *DMU's* de referência e representam a proporção de insumos e de produtos da *DMU – j* utilizados para construir os *targets* (alvos) da *DMU\_0*, ou seja, para uma *DMU* eficiente, todos os valores de  $\lambda$  de outras unidades serão zero; para uma *DMU* ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras *DMU's* eficientes, que influenciam a

projeção da *DMU* ineficiente sobre a fronteira calculada. Isto significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a *DMU* virtual da unidade ineficiente, mediante combinação linear. No caso do modelo *CCR*, as variáveis de decisão e o valor de eficiência são os mesmos para ambas as orientações, sendo que a eficiência com orientação a produto é um valor de  $(1/\theta)$ , no entanto, com  $\lambda_j$ 's diferentes.

**Quadro 1 – Modelos BCC orientados a Insumos e Produtos.**

Modelo Orientado a Insumos	Modelo Orientado a Produtos
$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^n \mu_r y_{r0} + \mu_0$ $(\mu, \nu)$ <p>Sujeito a :</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + \mu_0 \leq 0, \forall j$ $v_i, \mu_r \geq 0 (\varepsilon), \forall i, r$ <p>RCE acrescentar <math>\mu_0 = 0</math>;</p> <p>RVE " <math>\mu_0</math> livre;</p> <p>RNC " <math>\mu_0 \leq 0</math>;</p> <p>RND " <math>\mu_0 \geq 0</math>.</p>	$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_0$ $(\mu, \nu)$ <p>Sujeito a :</p> $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} = 1$ $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + v_0 \leq 0, \forall j$ $v_i, \mu_r \geq 0 (\varepsilon), \forall i, r$ <p>RCE acrescentar <math>v_0</math>;</p> <p>RVE " <math>v_0</math> livre;</p> <p>RNC " <math>v_0 \geq 0</math>;</p> <p>RND " <math>v_0 \leq 0</math>.</p>
<p><i>onde :</i></p> <p><math>h_0 = \text{eficiência técnica da } O_{\text{ésima}} \text{ DMU};</math>  <math>x = \text{insumos}; y = \text{produtos}; u, v = \text{pesos};</math>  <math>i = n^{\circ} \text{ insumos}; r = n^{\circ} \text{ produtos}; j = n^{\circ} \text{ empresas}.</math></p>	

## 2.7. Aplicações da Técnica DEA

A técnica DEA mostrou ser uma metodologia simples e consistente de análise de desempenhos relativos, conseqüentemente, é um ferramental que pode ser muito útil em análises de inúmeros aspectos das atividades econômicas, ou até de utilização de recursos públicos.

Para a correta utilização do método, é fundamental a disponibilidade das informações do que se pretende avaliar. São os dados que permitem inúmeras possibilidades de análises.

No próximo item, serão descritas algumas aplicações do DEA na área de transportes.

### **2.7.1. Aplicação ao transporte marítimo**

Existem diversos artigos publicados que tratam da aplicação do DEA ao transporte marítimo e, especificamente, à operação portuária. Um deles, publicado por Mac Dowell (2006), trata da aplicação da metodologia para medir a eficiência operacional dos terminais de contêineres. O objetivo foi o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a eficiência dos principais terminais de contêineres do Brasil e internacionais, utilizando o método quantitativo da Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis - DEA), onde foram classificados os terminais de maior eficiência operacional, isto é, os terminais mais atrativos operacionalmente, levando-se em consideração a operação do navio e da carga e o retroporto.

No trabalho de Mac Dowell (2006), as DMUs analisadas representam uma amostra intencional composta pelos oito terminais de contêineres, do Brasil, que obtiveram a maior movimentação em 2005. Além disso, os quatro terminais de contêineres mais importantes mundialmente, ou seja, os de maior movimentação, conforme estudo da UNCTAD 2005. Foi utilizado o modelo de produção validado por Cullinane *et al* (2004), composto por 5 *inputs* e 1 *output*. Os *inputs* tratados foram: o comprimento do berço em metros, a área do terminal em (ha), o número de equipamentos nos berços (unidades), o número de equipamentos de retroporto, o número de *straddle carriers*. Como *output* foi considerado o número de contêineres movimentados (TEUs). O modelo do estudo realizado por Mac Dowell, 2006 foi composto por três *inputs* e um *output*, de maneira a atender os requisitos propostos por BANKER, CHARNES & COOPER (1984) que relacionam o número de inputs e outputs com o número de DMU's, isto é, para cada  $m$  *inputs* e  $n$  *output* deverá corresponder a  $3x(m+n)$  DMUs. Foi utilizado o modelo CCR orientado a inputs, cujos dados utilizados no estudo estão na Tabela 1.

DMUs	Inputs			Outputs
	Comprimento dos Berços (m)	Área total (m <sup>2</sup> )	Equipamentos – Berços e Retroporto (unidades)	
Terminais de Containeres				Movimentação de Contêineres em 2005 (TEU's)
T-37	1.110	164.000	25	532.988
Santos Brasil	1.070	484.000	52	1.051.841
TVV	450	108.000	13	190.535
Suape – Tecon	660	280.000	24	179.108
Salvador – Tecon	454	74.000	12	221.000
TCP	655	305.000	12	420.318
Teconvi	500	48.000	18	310.000
Rio Grande Tecon	600	670.000	43	670.319
Jurong Ports – Singapura	4.486	1.200.000	76	912.000
HIT – Terminal Hong Kong	3.992	1.110.000	252	6.000.000
MTL – Hong Kong	2.322	926.100	299	4.350.000
Pasir Panjang Teraminal – PSA - Singapura	3.585	1.340.000	97	5.600.000

Fonte: Mac Dowell (2006)

**Tabela 1 – Dados dos terminais de contêineres em 2005**

Os resultados apresentados por Mac Dowell (2006) foram obtidos utilizando o software Frontier Analyst®, versão 2.2 da empresa Banxia Software, especificamente o modelo CCR orientado a *inputs*.

O resumo dos indicadores de eficiência calculados por meio do método DEA para o ano de 2005, utilizando o modelo CCR, orientado a *inputs*, pode ser observado na Tabela 2.

Terminais (DMUs)	Eficiência (%)
Teconvi	100
MTL - Hong Kong	100
HIT - Terminal - Hong Kong	100
Pasir Panjang Terminal - PSA - S	100
T 37	67,51
Rio Grande Tecon	65,77
Salvador Tecon	61,06
TCP	60,67
Santos Brasil	60,38
TVV	38,69
Jurong Ports - Singapura	20,79
Suape - Tecon	17,06

Fonte: Mac Dowell (2006)

**Tabela 2 – Classificação por eficiência para o ano de 2005 – Modelo CCR**

Segundo Mac Dowell (2006), por meio da análise das Tabelas 1 e 2, quatro terminais obtiveram 100 % de eficiência, ou seja, atingiram a eficiência produtiva total. Esses terminais são eficientes tanto do ponto de vista técnico quanto de escala. Os demais terminais apresentaram algum tipo de ineficiência: de escala ou técnica.

Mac Dowell (2006) conclui seu trabalho escrevendo que dos 12 terminais de contêineres estudados, 8 obtiveram uma eficiência abaixo dos 100%, mostrando que a maioria deles possui uma infra-estrutura muito superior do que necessária para suportar o número de contêineres movimentados. Podem-se observar os terminais mais eficientes, ou seja, com a eficiência relativa de 100%, revelando que estes terminais utilizam uma melhor combinação dos seus recursos, isto é, possuem a mínima quantidade de seus *inputs*, em contra partida ao nível de TEUs que movimentaram em 2005. Comprova que a concentração dos terminais na região sudeste aumenta a competitividade entre os mesmos, ocasionando uma redução de contêineres movimentados e, conseqüentemente, uma ineficiência maior. A segunda constatação é com relação aos terminais internacionais, pois, estão todos muito próximos, mas o volume de contêineres é enorme, devido à industrialização das áreas de *hinterland* dos terminais, portanto, a divisão de carga é mais amena, não alterando a eficiência dos terminais.

Visto que estas duas constatações são contraditórias, devem ser levados em considerações outros fatores que interagem diretamente no terminal portuário. Pode-se dizer que a operação dos terminais é de suma importância, mas que a análise tem que ser mais abrangente, pois existem outros fatores que interferem diretamente na competitividade dos terminais, bem como, as linhas de longo curso e cabotagem, desejo do armador, o nível de industrialização do país, a relação entre exportação x importação, entre outros.

### **2.7.2. Aplicação no transporte aéreo**

Nesta aplicação, apresentada em Soares de Mello et al. (2003), foram considerados os dados relativos ao transporte aéreo de passageiros.

Os autores identificaram alguns problemas na condução desse estudo. Primeiro, que tipo de eficiência deveria ser medida; segundo, o uso do modelo BCC apontava a Varig eficiente sem nenhuma avaliação (eficiente por default).

Para contornar o primeiro problema, foram propostos três modelos: Operacional, de Vendas e Global, cujos relacionamentos mostramos na Figura 3.

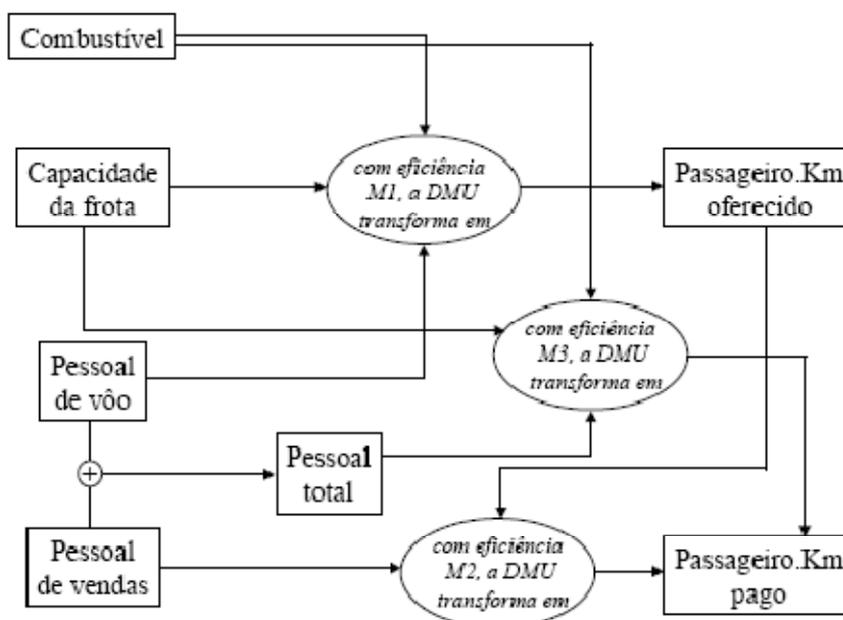


Figura 3 – Modelos DEA usados e seus relacionamentos.

O modelo que considera o aspecto meramente Operacional (M1) avaliava, de forma rudimentar, a capacidade de a empresa colocar aviões no ar com os recursos de que dispunha. Os *inputs* desse modelo foram quantidade de pessoal de voo, combustível usado e a soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota; o *output* foi passageiro.km oferecidos. Uma empresa que apresentasse baixa eficiência neste modelo, demonstrava que teria a possibilidade de melhorar a utilização de seus aviões ou diminuir os recursos que usava.

O modelo de Vendas (M2) buscava medir a capacidade de cada companhia em ocupar os aviões que colocou no ar. Como *inputs* foram usados a quantidade de pessoal envolvido em vendas e o *output* do modelo anterior, passageiro.km oferecidos. O *output* era passageiro.km pagos. A baixa eficiência, neste modelo, demonstrava a ineficiência da sistemática de vendas da empresa em relação aos vôos por ela realizados e aos meios disponíveis para a venda.

O terceiro modelo (M3), modelo Global, foi obtido da justaposição dos dois anteriores e buscava retratar a eficiência das operações de negócios da empresa, ou seja, eficiência conjunta de uso da frota e venda da capacidade oferecida. Foram considerados como *inputs* combustível usado, soma das capacidades de passageiros do total das aeronaves da frota e quantidade total de pessoal, e como *output* passageiro.km pagos.

Para corrigir o segundo problema, os autores aumentaram o conjunto de DMUs. Foram considerados os dados das companhias nos anos de 1998, 1999 e 2000, e cada companhia foi considerada como uma unidade diferente em cada um dos três anos. Adicionalmente, foram considerados, além das companhias isoladas, os grupos dos quais participavam à época, Grupo Varig, Grupo Tam e Grupo Transbrasil.

Como resultados desse estudo, os autores obtiveram uma avaliação temporal da eficiência dessas companhias, como também um estudo sobre os alvos que deveriam alcançar na busca da eficiência. Como na etapa de determinação de alvos, os valores calculados pelos modelos DEA clássicos podiam não ser adequados às políticas gerenciais das companhias, já que são únicos, os autores usaram uma abordagem DEA-Multiobjetivo (LINS et al., 2004; ANGULO MEZA, 2002) para a determinação de alvos alternativos, que conferem maior grau de liberdade ao gestor.

### **2.7.3. Aplicação no transporte rodoviário**

Recentemente, uma aplicação da técnica DEA foi apresentada como dissertação de mestrado por Dos Santos (2008), cujo objetivo era aplicar a Análise Envoltória de Dados – DEA, na avaliação da eficiência técnica das empresas que atuam no Sistema Transporte Interestadual de Passageiros por Ônibus no Brasil, compreendendo um período de 2001 a 2006, bem como avaliar a produtividade através do índice de Malmquist, cuja aplicação permite verificar a variação da eficiência técnica sem inovação tecnológica e melhoria na eficiência devida a inovação tecnológica. Assim, é possível identificar se um aumento na produtividade é fruto do progresso tecnológico ou da melhoria na eficiência técnica, ou ainda, dos dois fatores, simultaneamente.

Foram definidos três grupos de empresas - grandes, médias e pequenas, de acordo com a quantidade de Passageiros x km. Os insumos utilizados foram o “número de motoristas” e a “idade média da frota”. Os produtos utilizados foram “passageiros.km transportados” e “viagens realizadas”.

O modelo utilizado foi o VRS, ou DEA BCC. E o estudo indicou que a metodologia DEA é eficiente para a comparação entre DMU's e que, com a ajuda do índice de

Malmquist, foi possível perceber a redução da produtividade das empresas de transporte de passageiros.

### 3. Sistema ferroviário brasileiro

A Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) foi criada mediante autorização da Lei 3.115, de 16 de março de 1957, pela consolidação de 18 ferrovias regionais, passando então, ao controle estatal. Totalizava 29.713 km de linhas férreas, abrangendo 19 unidades da Federação, em quatro das cinco regiões do País. O objetivo principal era de promover e gerir os interesses da União no setor de transportes ferroviários.

Conforme Marques (1996), desajustamentos institucionais, econômico-financeiros, técnico-operacionais, em paralelo com a baixa produtividade de seus recursos humanos, mais administrações ineficientes, submetidas quase sempre a interferências políticas, tornaram a RFFSA um problema para as finanças públicas, além de apresentar baixa contribuição social e econômica.

Completando este cenário, o Gráfico 1 apresenta os dados fornecidos pela ANTT para os investimentos realizados nas ferrovias brasileiras nos anos de 1996 a 2005. Nota-se a crescente aplicação de recursos financeiros nas ferrovias a partir do ano de 1999, três anos após o início das concessões ferroviárias.

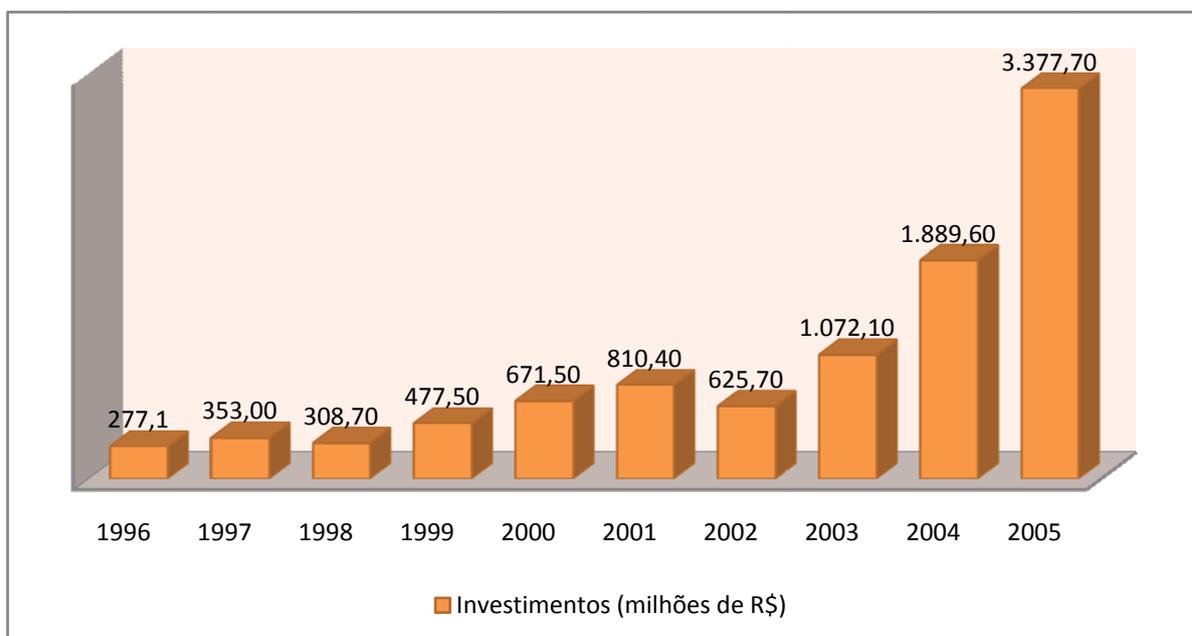


Gráfico 1 – Investimentos nas ferrovias brasileiras. (fonte: ANTT, 2006)

Diante de um cenário em que a RFFSA enfrentava situação financeira insustentável, excesso de empregados, vias em precárias condições de conservação, material

rodante em más condições ou inutilizado, procedimentos operacionais ultrapassados, diminuição da oferta de transporte de cargas e falta de recursos financeiros para novos investimentos, o governo Federal decidiu pela privatização do setor ferroviário de cargas. Segundo Tavares e Campos (2003), tal opção política do Governo visou remover os subsídios federais, transferir os investimentos para a iniciativa privada e tentar reativar o setor sem gerar grandes pressões sobre as finanças públicas, procurando eficiência, inovação e competição no transporte ferroviário de cargas.

A inclusão da Rede Ferroviária Federal S.A. no Programa Nacional de Desestatização através do Decreto n.º 473/92, propiciou o início da transferência de suas malhas para a iniciativa privada, durante um período de 30 anos, prorrogáveis por mais 30. Esse processo também resultou na liquidação da RFFSA, a partir de 07/12/99.

O modelo de privatização definido para a RFFSA pelo Conselho Nacional de Desestatização, após estudos promovidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES -, agente executor do programa, consiste basicamente em:

- Divisão da RFFSA em seis malhas regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Oeste, Centro-Leste e Tereza Cristina).
- Transferência ao setor privado, mediante leilão, da concessão dos serviços de transporte ferroviário.
- Arrendamento dos bens da RFFSA aos novos operadores.

A implementação desse modelo foi iniciada em março de 1996, com o leilão da Malha Oeste (Bauru), seguida pelas Malhas Centro-Leste, em junho; Sudeste, em setembro; Tereza Cristina, em novembro e Sul, em dezembro de 1996; e, finalmente, a Malha Nordeste, em julho de 1997. Em fevereiro de 1998, a Malha Paulista, antiga FEPASA, foi incorporada à RFFSA, através do Decreto nº 2.502 e leiloadada em novembro do mesmo ano. A Tabela 3 mostra as concessionárias ferroviárias e respectivas malhas da Rede Ferroviária Federal – RFFSA.

**Tabela 3 – Concessionárias e respectivas malhas ferroviárias arrendadas.**

Malhas Regionais	Data do Leilão	Concessionárias	Início da Operação	Extensão (km)
Oeste	05/03/96	Ferrovias Novoeste S.A.	01/07/96	1.621
Centro Leste	14/06/96	Ferrovias Centro Atlântica S.A.	01/09/96	7.080
Sudeste	20/09/96	MRS Logística S.A.	01/12/96	1.674
Tereza Cristina	26/11/96	Ferrovias Tereza Cristina S.A.	01/02/97	164
Sul	13/12/96	ALL – América Latina Logística do Brasil S.A.	01/03/97	6.586
Nordeste	18/07/97	Companhia Ferroviária do Nordeste	01/01/98	4.238
Paulista	10/11/98	Ferrovias Bandeirantes S.A.	01/01/99	4.236
TOTAL				25.599

Fonte: ANTT, 2006.

Além das malhas mostradas na Tabela 3, em 28/06/97, o Governo Federal outorgou à Companhia Vale do Rio Doce - CVRD, no processo de sua privatização, a exploração por 30 anos, prorrogáveis por mais 30, da Estrada de Ferro Vitória a Minas e Estrada de Ferro Carajás, utilizadas basicamente no transporte de minério dessa companhia.

Apesar de sua complexidade, a privatização dos serviços da RFFSA foi realizada com êxito. A transferência das sete malhas para a iniciativa privada foi realizada ao longo de 1996 e 1998, gerando para o Governo uma receita de R\$ 1,764 bilhões.

Com a transferência das operações para a iniciativa privada, houve uma desoneração dos cofres públicos, que deixou de alocar cerca de R\$ 350 milhões e passou a arrecadar cerca de R\$ 400 milhões por ano, em valores atualizados. Acresça-se ainda o recebimento em dia dos tributos incidentes sobre os serviços. (ANTT, 2006)

Como forma de garantir a crescente reestruturação do setor ferroviário, os contratos de concessão estabelecem metas de aumento de produção e redução de acidentes.

Para atingir essas metas, os novos operadores devem realizar investimentos de modo a assegurar uma modernização e expansão do sistema.

Desestatização associada a uma renovada postura governamental de caráter indutor e balizador, é peça fundamental para a implantação de uma estrutura de transporte mais racional e equilibrada. Isso irá proporcionar bases sólidas para o crescimento econômico do país.

### 3.1. As concessionárias ferroviárias de carga

A desestatização da Rede Ferroviária Federal S.A., iniciada em 1992, marcou o começo de uma nova parte da história do transporte ferroviário no Brasil. Empresas de capital privado passaram a operar nas malhas ferroviárias existentes sob forma de concessão, em que as concessionárias passam a ter responsabilidade sobre a qualidade, disponibilidade e confiabilidade dos serviços prestados. As concessionárias ferroviárias de cargas são apresentadas a seguir (ANTT, 2006).

#### 3.1.1. Ferrovia Novoeste S.A.

A Ferrovia Novoeste S.A. obteve a concessão da Malha Oeste, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 05/03/96. A outorga desta concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 26/06/96, publicado no Diário Oficial da União de 27/06/96. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas em 01/07/96. O Quadro 2 mostra, de forma resumida, as características da malha Oeste. (ANTT, 2006)

Área de atuação:	São Paulo e Mato Grosso do Sul	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00m:	1.621 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	FERROBAN – Ferrovia Bandeirantes S.A.	Bauru – SP
	Empresa Ferroviária Oriental S.A. - Bolívia	Corumbá – MS
Pontos de interconexão com portos:	Porto Esperança – MS (Terminal Hidroviário) e Ladário – MS (Terminal Hidroviário)	

**Quadro 2 – Resumo das características da malha da Novoeste.**

Sua malha liga Corumbá e Ponta Porã, no Mato Grosso do Sul à cidade de Bauru, em São Paulo - um trecho de 1621 km, o que corresponde a 5% da malha ferroviária brasileira (ANTF, 2006).

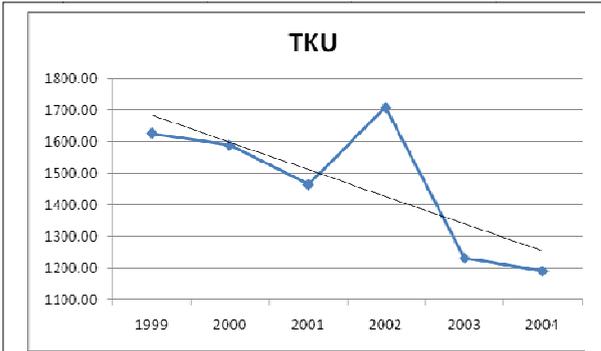
Em 2002, a Novoeste passou a integrar, juntamente com a Ferroban, um corredor ferroviário Corumbá (MS) / Santos (SP), da Brasil Ferrovias, que liga importantes regiões exportadoras do Brasil e da Bolívia ao Porto de Santos (São Paulo) (ANTF, 2006).

No Mato Grosso do Sul, a Novoeste será fator decisivo para a viabilização do Pólo Gás Químico e da reserva mineral de Corumbá; viabiliza a ligação bioceânica entre os Portos de Santos e Antofogasta e será base para a implantação do Trem do Pantanal, importante projeto turístico em execução no Mato Grosso do Sul (ANTF, 2006).

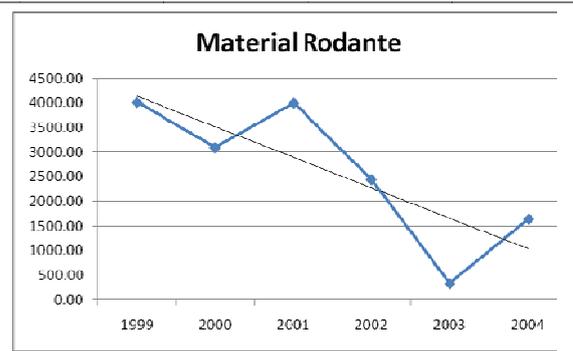
De acordo com os dados disponibilizados pela ANTT, foram elaborados os gráficos que permitem melhor visualização dos resultados operacionais frente aos investimentos realizados. Nos gráficos são apresentadas as linhas que unem os pontos dos resultados obtidos (resultados da operação ou investimentos) para dado ano e a linha de tendência (reta ascendente ou descendente) ajustada com base nesses dados.

Os gráficos 2 e 3 permitem efetuar a comparação da evolução da TKU com o investimento em Material Rodante, mostrando que pode haver uma relação entre este indicador de produtividade e o investimento realizado.

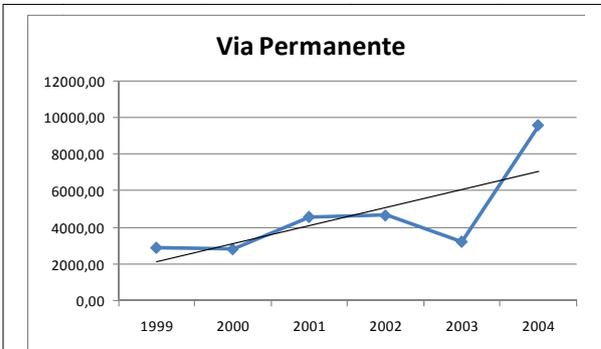
Uma outra observação pode ser efetuada para o investimento em Telecomunicação e Sinalização (gráfico 5) e o indicador Consumo de Combustível (gráfico 7).



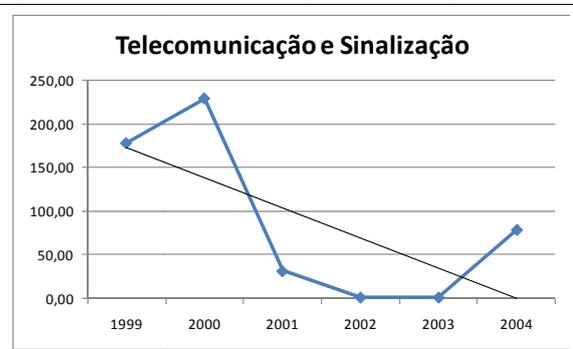
**Gráfico 2 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia Novoeste. (Fonte: ANTT, 2005)**



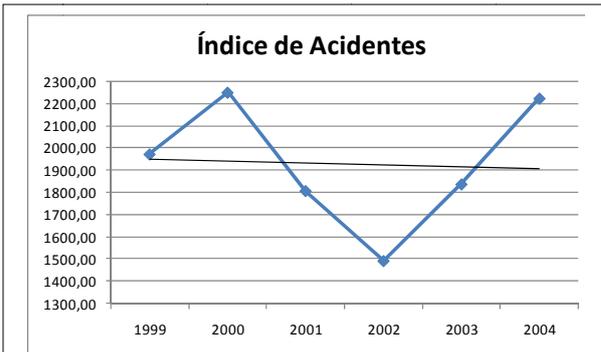
**Gráfico 3 – Investimento em Material Rodante na ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



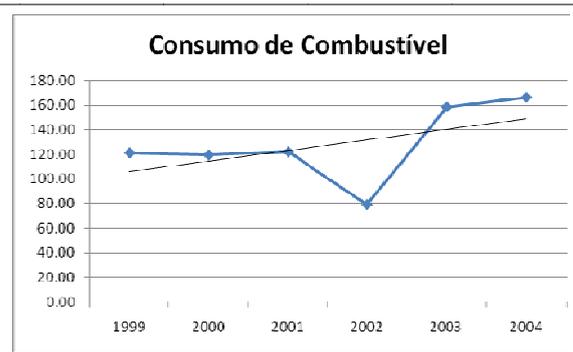
**Gráfico 4 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 5 – Investimento em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia Novoeste, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 6 – Índice de acidentes para a ferrovia Novoeste. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 7 – Consumo de Combustível na ferrovia Novoeste, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005)**

### 3.1.2. Ferrovia Centro-Atlântica S.A.

A Ferrovia Centro-Atlântica S.A. obteve a concessão da Malha Centro-Leste, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 14/06/96. A outorga desta concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 26/08/86, publicado no Diário Oficial da União de 27/08/96. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas em 01/09/96. O Quadro 3 mostra, de forma resumida, as características da malha Centro-Leste (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Bahia, Sergipe, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	6.898 km
	Bitola 1,00/1,60 m:	182 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Estrada de Ferro Vitória a Minas	Vitória-ES, Capitão Eduardo-MG, Engº LafaieteBandeira-MG
	MRS Logística S.A.	Ferrugem-MG, Miguel Burnier-MG, Três Rios-RJ, Engº Lafaiete Bandeira-MG
	Companhia Ferroviária do Nordeste	Propriá-SE
	FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.	Uberaba-MG
Pontos de interconexão com portos:	Rio de Janeiro-RJ, Angra dos Reis-RJ, Vitória-ES, Aracaju-SE, Salvador-BA e Aratu-BA	

**Quadro 3 – Resumo das características da malha FCA**

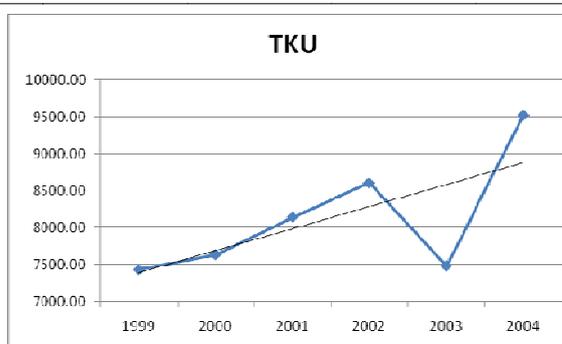
Voltada, exclusivamente, para a operação ferroviária de cargas, a FCA passou a desenvolver sua logística focada, principalmente, em grãos como a soja, derivados de petróleo e álcool combustível (ANTF, 2006).

A partir de agosto de 1999, a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) passou a ser líder do grupo de controle da Ferrovia Centro-Atlântica, fortalecendo o processo de gestão e recuperação da empresa, quando, em 2003, a Companhia Vale do Rio Doce assumiu o controle acionário da FCA, com 99,9 % (ANTF, 2006).

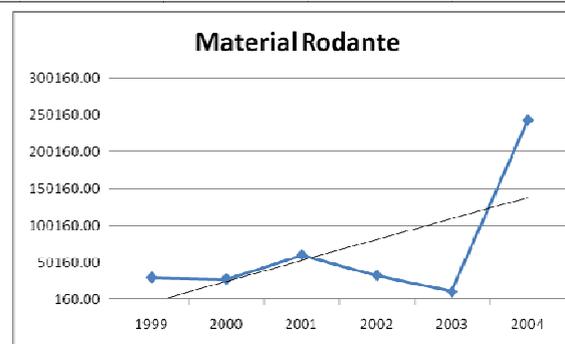
Desde 1996, a FCA tem colocado em prática um crescente plano de investimentos diversos. Visando expandir a infra-estrutura de transportes brasileira, a CVRD assinou, em dezembro de 2005, junto com os governos Federal e do Espírito Santo, a autorização para a construção da variante Litorânea Sul da FCA, ligando Vitória a Cachoeiro do Itapemirim. O novo trecho de 160 quilômetros, quando concluído,

aumentará significativamente a capacidade de transporte ferroviário na região (ANTF, 2006).

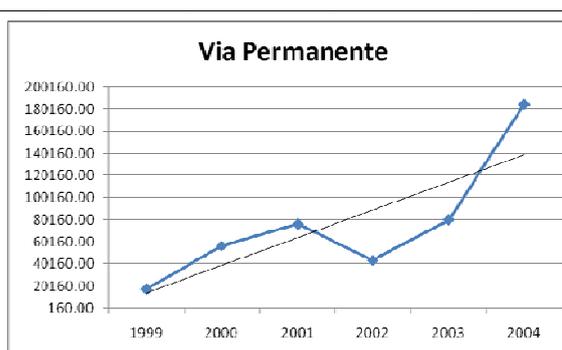
Os dados disponibilizados pela ANTT permitiram a elaboração de gráficos que mostram a evolução do desempenho ferroviário e seus investimentos. Nota-se um crescimento do investimento em material rodante (gráfico 9) e via permanente (gráfico 10), ao mesmo tempo em que ocorre o aumento da produtividade, medido em TKU (gráfico 8). Para os gráficos seguintes, nota-se a redução do índice de acidentes (gráfico 12) e de forma coincidente com o aumento nos investimentos em telecomunicação e sinalização (gráfico 11).



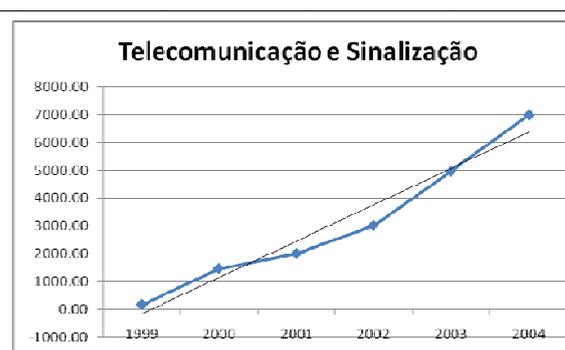
**Gráfico 8 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FCA. (Fonte: ANTT, 2005)**



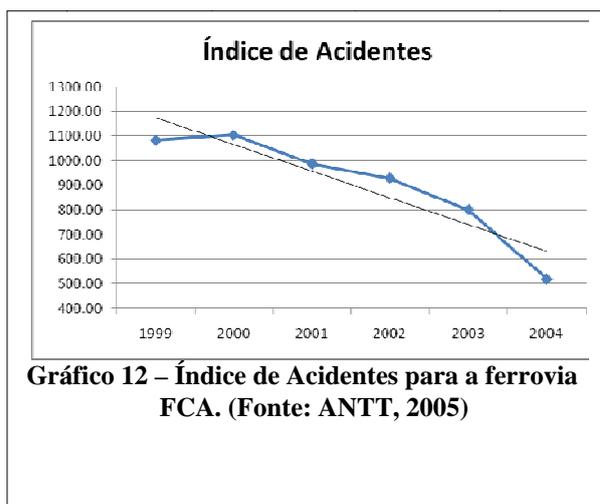
**Gráfico 9 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 10 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 11 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FCA, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



### 3.1.3. MRS Logística S.A.

A MRS Logística S.A. obteve a concessão da Malha Sudeste, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 20/09/96. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 26/11/1996, publicado no Diário Oficial da União de 27/11/96. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas em 01/12/96. O Quadro 4 mostra, de forma resumida, as características da malha Sudeste (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo	
Extensão das linhas:	Bitola 1,60 m:	1.631,9 km
	Bitola 1,00/1,60 m:	42,2 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Ferrovias Centro-Atlântica S.A.	Eng.º Lafaiete Bandeira-MG, Ferrugem-MG, Miguel Burnier-MG, Três Rios-RJ
	Estrada de Ferro Vitória a Minas	Açominas-MG
	FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.	Jundiaí-SP, Lapa-SP, Perequê-SP
Pontos de interconexão com portos:	Rio de Janeiro-RJ, Itaguaí-RJ e Santos-SP	

**Quadro 4 – Resumo das características da malha MRS.**

A MRS Logística S.A. - MRS originou-se da antiga Malha Sudeste da RFFSA (SR3 - Juiz de Fora e SR4 - São Paulo), compreendendo 1674 km de extensão, sendo 1632 km de bitola larga (1,60 m) e 42 km de bitola mista. Suas linhas se distribuem pelos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, região de maior

densidade industrial do país, com uma participação média aproximada de 65% do PIB brasileiro (ANTF, 2006).

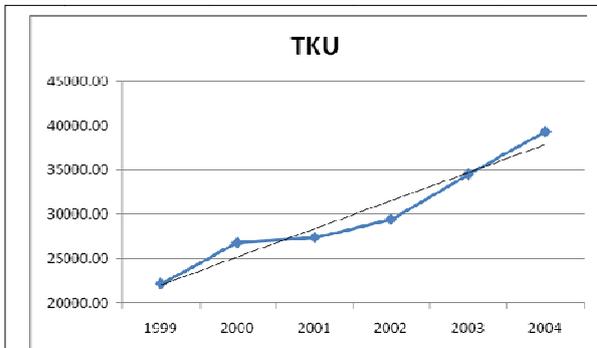
A MRS interliga as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, importantes pólos econômicos nacionais e principais centros consumidores brasileiros. Sua área de influência favorece a atividade ferroviária, na medida em que concentra empresas siderúrgicas, cimenteiras e de mineração, além de uma importante área de produção agrícola. Atua nos mercados de agricultura, automotivo, carga geral, construção civil, contêineres, industrial, de mineração, petroquímico e siderúrgico (ANTF, 2006).

Por sua privilegiada localização geográfica, a MRS está desenvolvendo e operando Rotas Expressas com horários pré-definidos de chegada e saída, atendendo as principais cidades e mercados da região sudeste. Através da utilização de trens expressos, a empresa prepara-se para servir de maneira mais ampla o mercado de carga geral, disponibilizando um serviço regular e confiável. A empresa desenvolve ainda novos serviços de transporte intermodal e faz a interface com as ferrovias Centro-Atlântica (FCA), Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e FERROBAN (ANTF, 2006).

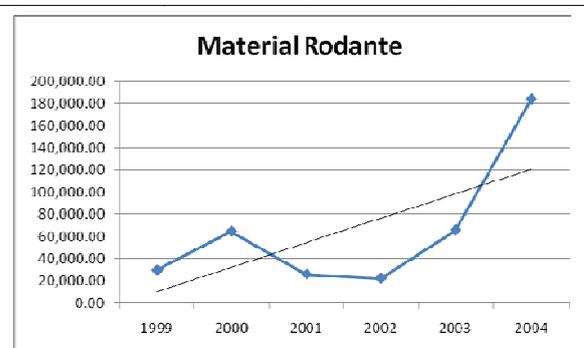
A MRS vem realizando expressivos investimentos na aquisição e recuperação do material rodante (locomotivas e vagões), em suas linhas, nos sistemas de comunicação, no desenvolvimento tecnológico e na qualificação de seus recursos humanos, em busca de ganhos de produtividade; prestação de serviços com maior regularidade e confiabilidade; redução no índice de acidentes. Como consequência, vem obtendo incremento significativo nos volumes transportados, ano a ano, e cumpre integralmente as metas estabelecidas no Contrato de Concessão (ANTF, 2006).

De acordo com os dados disponibilizados pela ANTT, foram gerados os gráficos de 13 a 17. O gráfico 13 representa a evolução da TKU enquanto os gráficos 14 e 15 representam os investimentos em material rodante e via permanente, respectivamente. Os gráficos mostram que, para o mesmo período, a TKU, o investimento em material rodante e via permanente são crescentes.

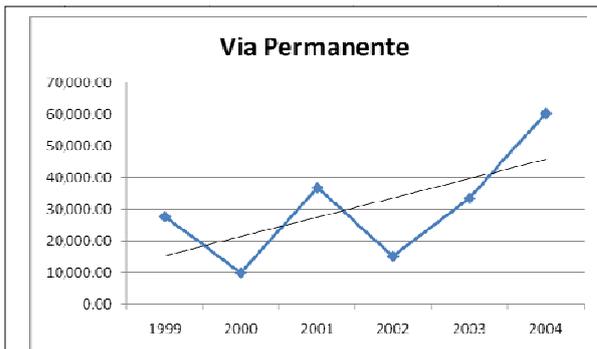
Nos gráficos seguintes, 16 e 17, nota-se o crescimento no investimento em telecomunicação e sinalização e o decréscimo no índice de acidentes para o mesmo período.



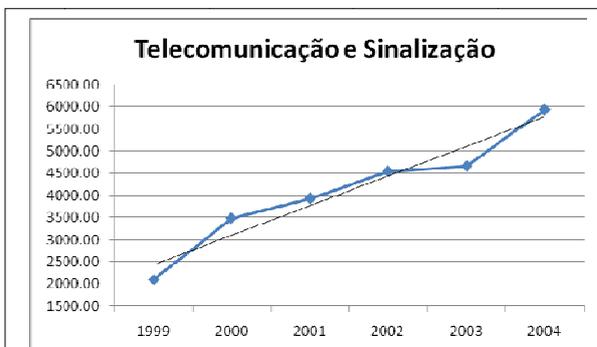
**Gráfico 13 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia MRS. (Fonte: ANTT, 2005)**



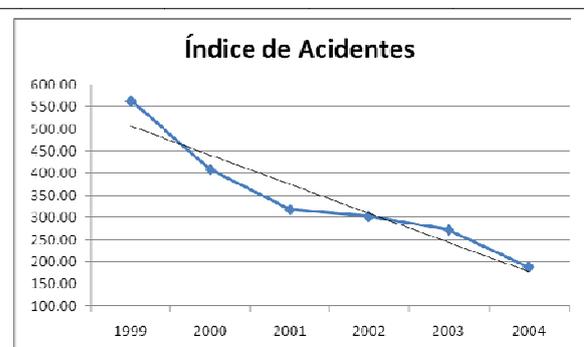
**Gráfico 14 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 15 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 16 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia MRS, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 17 – Índice de Acidentes para a ferrovia MRS. (Fonte: ANTT, 2005)**

### 3.1.4. Ferrovia Tereza Cristina S.A.

A Ferrovia Tereza Cristina S.A. obteve a concessão da Malha Tereza Cristina, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 22/11/96. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 24/01/97, publicado no Diário Oficial da União de 27/01/97. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas, em 01/02/97. O Quadro 5 mostra, de forma resumida, as características da malha Tereza Cristina (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Santa Catarina	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00m:	164 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Nenhum	
Pontos de interconexão com portos:	Imbituba-SC	

**Quadro 5 - Resumo das características da malha Tereza Cristina.**

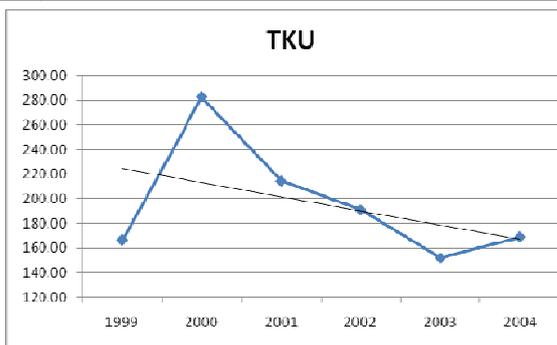
A FTC é uma companhia de capital fechado, tendo como principais acionistas a GEMON - Geral de Eng. e Montagens S.A., Interfinance S.A. Participações e a Santa Lúcia Agro Indústria e Com. Ltda., detêm participações iguais no capital total da empresa (ANTF, 2006).

A área de atuação da FTC compreende a região carbonífera e o pólo cerâmico, localizados na região de Criciúma, Sul de Santa Catarina, interligando-se ao Porto de Imbituba e ao município de Capivari de Baixo, onde está situado o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda da GERASUL (ANTF, 2006).

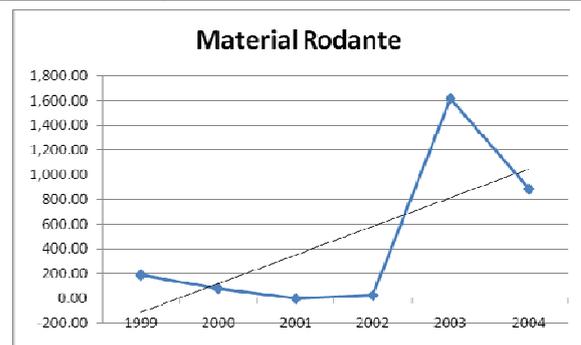
A FTC possui características de negócios bastante específicas por atender quase, exclusivamente, a um único setor, o carbonífero, além de se constituir em uma malha isolada das demais ferrovias do sistema nacional (ANTF, 2006).

Com os dados disponibilizados pela ANTT, foram elaborados os gráficos de 16 a 22 para a avaliação do comportamento dos indicadores de desempenho, no mesmo período em que foram realizados investimentos que julgamos ter relação com dado indicador de desempenho. O gráfico 18 revela um crescimento da TKU para o mesmo período em que os gráficos 19 e 20 mostram também um crescimento no investimento em material rodante (gráfico 19) e via permanente (gráfico 20).

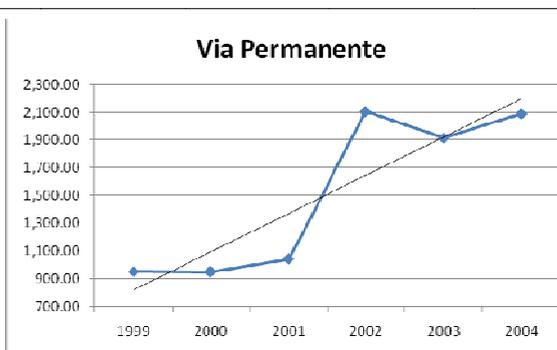
Ainda com relação aos gráficos elaborados, nota-se um crescimento nos investimentos em telecomunicação e sinalização (gráfico 21) e em capacitação pessoal (gráfico 22) e um decréscimo dos índices de acidentes (gráfico 23) e consumo de combustível (gráfico 24). Sendo que para a capacitação pessoal nota-se uma ligeira tendência de crescimento, mesmo com a ausência do valor para o ano de 2004, que foi considerado igual a zero.



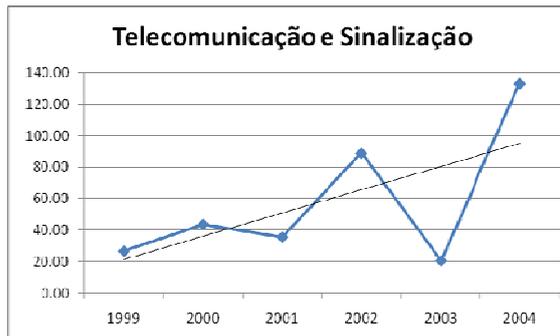
**Gráfico 18 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FTC. (Fonte: ANTT, 2005)**



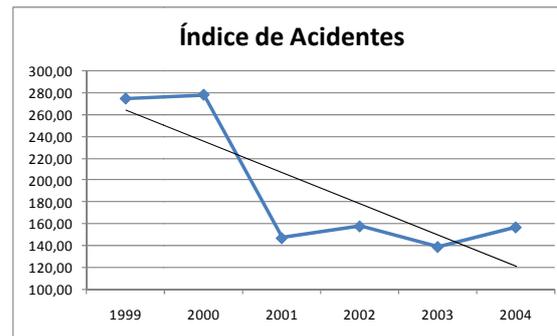
**Gráfico 19 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



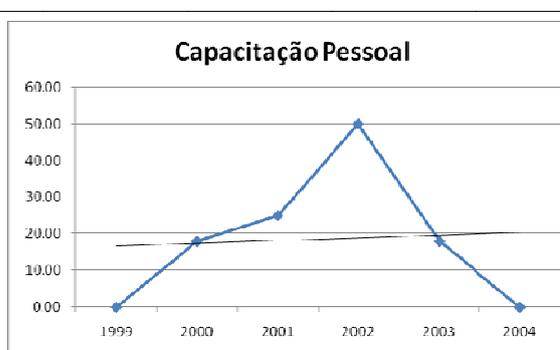
**Gráfico 20 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



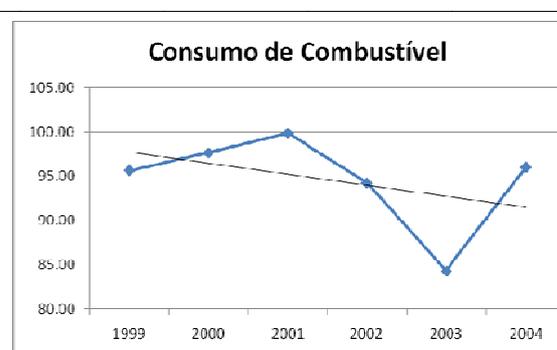
**Gráfico 21 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 22 – Índice de Acidentes para a ferrovia FTC. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 23 – Investimento em Capacitação Pessoal para a ferrovia FTC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 24 – Consumo de Combustível para a ferrovia FTC, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005)**

### 3.1.5. ALL - América Latina Logística do Brasil S.A.

A ALL - América Latina Logística do Brasil S.A., anteriormente denominada Ferrovia Sul Atlântico S.A., obteve a concessão da Malha Sul pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 13/12/96. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 21/02/97, publicado no Diário Oficial da União de 24/02/97. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas, em 01/03/97. O Quadro 6 mostra, de forma resumida, as características da malha da ALL (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	6.575 km
	Bitola 1,44 m:	11 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	FERROBAN – Ferrovia Bandeirantes AS	Pinhalzinho – PR, Ourinhos – SP
	FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.	Guarapuava-PR
	AFE - Administracion de Ferrocarriles del Estado – Uruguai	Santana do Livramento-RS
	Ferrocarril Mesopotamico General Orquiza – Argentina	Uruguaiana-RS
Pontos de interconexão com portos:	Paranaguá-PR, São Francisco do Sul-SC, Porto Alegre-RS, Rio Grande-RS e Estrela-RS (Terminal Hidroviário)	

**Quadro 6 – Resumo das características da malha da ALL.**

Em 1998, a Ferrovia passou a operar o trecho sul da malha paulista pertencente à Fepasa (874 quilômetros), operadora da malha paulista. Em agosto de 1999, a empresa adquiriu duas das maiores ferrovias argentinas (MESO - Ferrocarril Mesopotámico General Urquiza e a BAP - Ferrocarril Buenos Aires al Pacífico General San Martín), conectando São Paulo a Buenos Aires e Mendoza ao Oceano Pacífico, começando a operar os corredores internacionais mais importantes do Mercosul (ANTF, 2006).

Em 1999, a empresa passa a se chamar ALL - América Latina Logística - tendo como principais acionistas GP Investimentos, Crédit Suisse, Judori, Unicorp, GEF e UTIL. A ALL é detentora de mais de 15.628 quilômetros de linha, e sendo a maior ferrovia em extensão de malha fora da América do Norte.

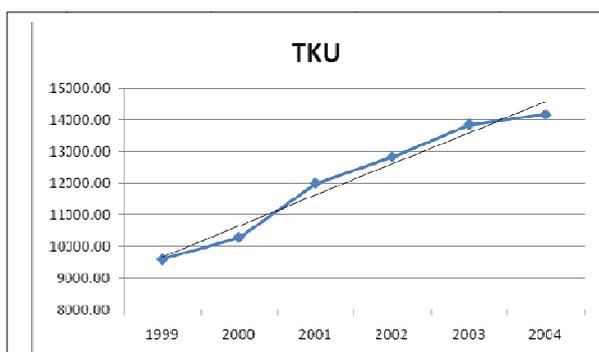
A empresa não se restringe aos seus trilhos e oferece serviços logísticos completos para os seus principais clientes. Em 2000, criou a sua Unidade de Transporte Rodoviário, para o gerenciamento direto da cada vez mais crescente procura por operações de transporte door-to-door. Estabelecendo parcerias, a ALL consolida a sua presença na operação de terminais e centros de armazenagem de mercadorias nos principais pontos de origem e destino de carga, incluindo os portos de Paranaguá, São Francisco e Rio Grande, no Brasil; e Rosário e Buenos Aires, na Argentina (ANTF, 2006).

Em 2001, seguindo o seu objetivo de prestar serviços logísticos completos, a ALL integrou as operações da Delara Brasil. O atendimento personalizado e a flexibilidade da Delara, aliados à eficiência operacional com a melhor relação custo x benefício da ALL, são os principais diferenciais da nova empresa. A viagem ganhou mais velocidade (ANTF, 2006).

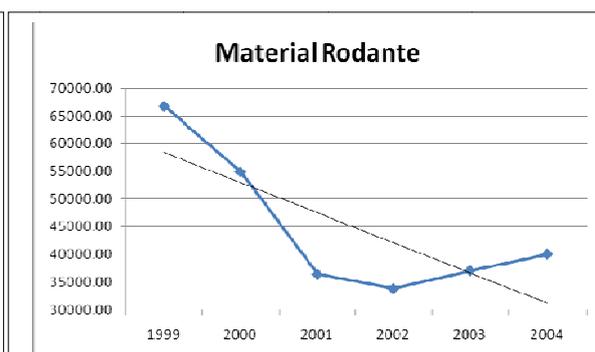
Em 2006, a ALL incorporou as ferrovias Ferronorte, Ferroban e Ferroeste, tornando-se a maior ferrovia do Brasil, com 21 mil quilômetros de malha ferroviária. A incorporação das referidas ferrovias pela ALL será tratada adiante, no item 3.1.12.

Com os gráficos elaborados a partir dos dados disponibilizados pela ANTT, nota-se um caso particular ao das outras concessionárias já apresentadas. O gráfico 25 apresenta a evolução crescente da TKU, enquanto que os investimentos em material rodante (gráfico 26) e via permanente (gráfico 27) foram, respectivamente, decrescente e crescente para o mesmo período. O mesmo ocorre para o investimento em telecomunicação e sinalização (gráfico 28) que enquanto os investimentos não foram crescentes, mas existiram, houve redução no índice de acidentes como mostrado no gráfico 29.

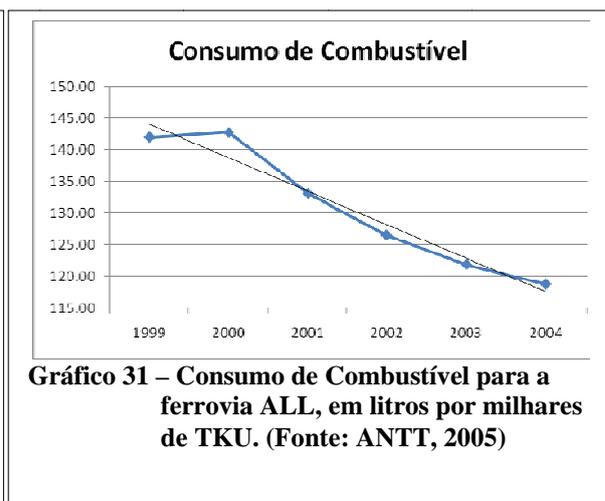
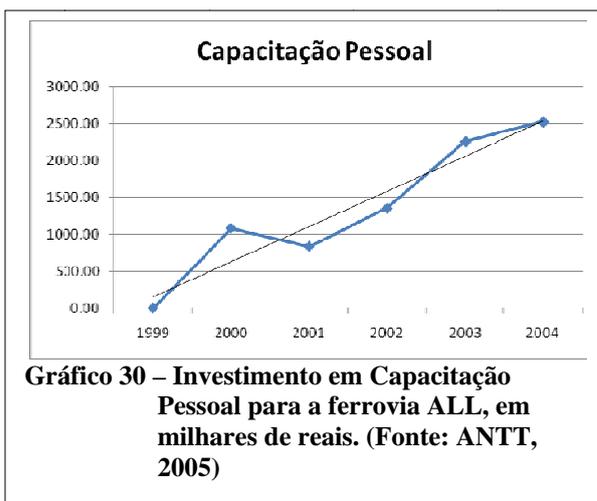
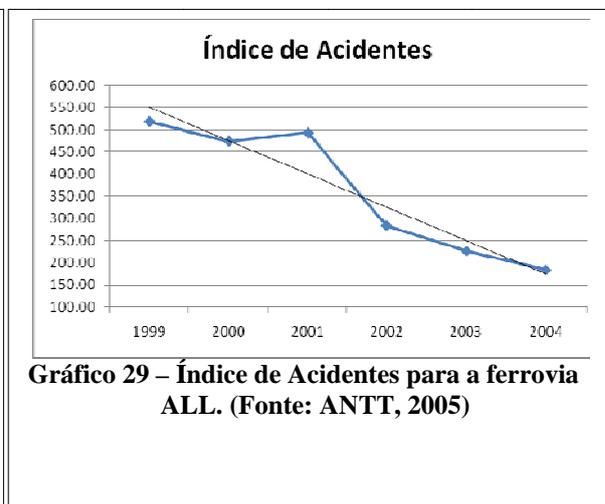
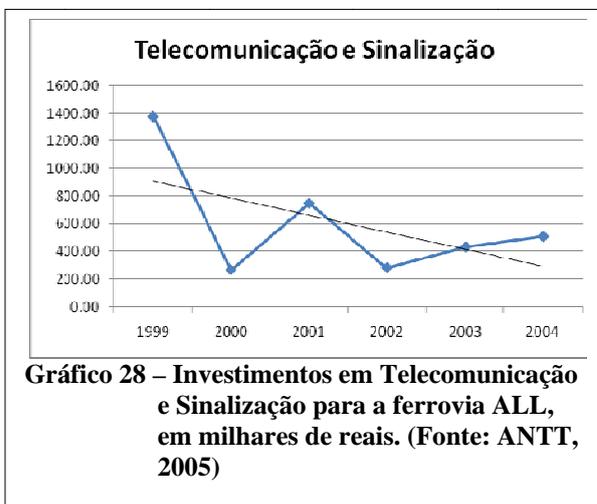
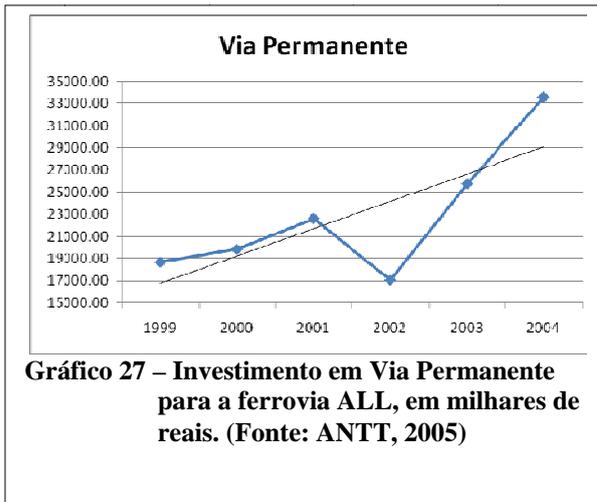
Os dois últimos gráficos que ilustram o desempenho da ALL, apresentam investimentos crescentes em capacitação pessoal (gráfico 30) e decréscimo do índice consumo de combustível (gráfico 31).



**Gráfico 25 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia ALL. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 26 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia ALL, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



### 3.1.6. Companhia Ferroviária do Nordeste

A Companhia Ferroviária do Nordeste obteve a concessão da Malha Nordeste pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 18/07/97. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 30/12/97, publicado no Diário Oficial da União de 31/12/97. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas, em 01/01/98. O Quadro 7 mostra, de forma resumida, as características da malha Nordeste (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	4.220,5 km
	Bitola 1,00/1,60 m:	17,5 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Estrada de Ferro Carajás S.A.	Itaqui – MA
	Ferrovias Centro-Atlântica S.A.	Própria – SE
Pontos de interconexão com portos:	Itaqui-MA, Mucuripe-CE, Recife-PE, Natal-RN, Suape-PE, Cabedelo-PB e Pecém-CE	

**Quadro 7 – Resumo das características da malha Nordeste.**

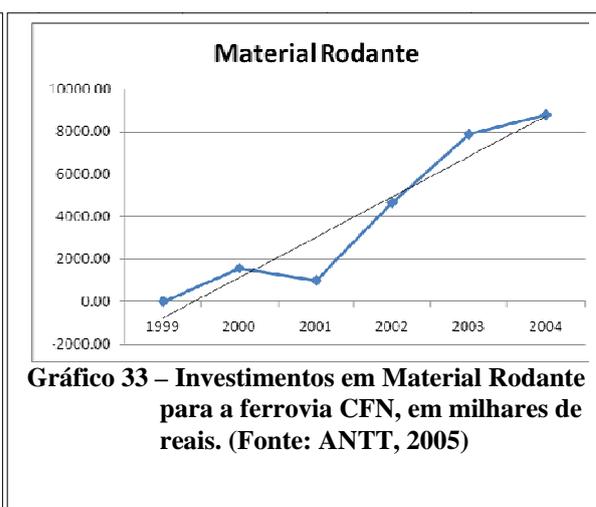
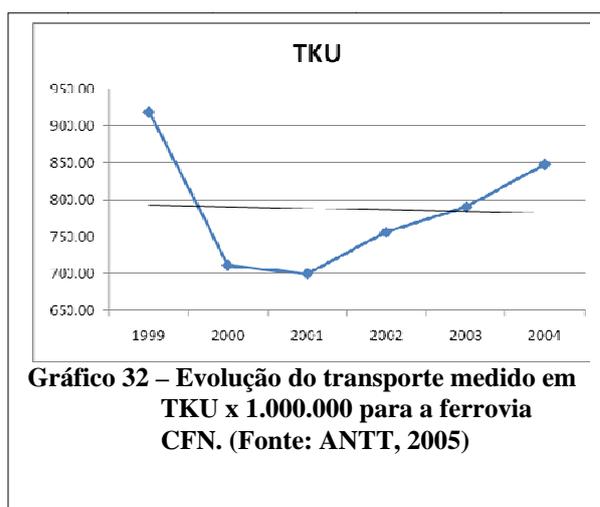
A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas, em 01/01/98 e tem, hoje, o propósito de se tornar líder em logística no Nordeste, a partir de 2010. Para tanto, está modernizando sua gestão e investindo em melhorias operacionais e reforma de vagões e locomotivas, além de recuperar trechos de sua malha. Um grande projeto de expansão está em andamento, levando à reestruturação completa do modelo de negócio atual, com novos ramais, eliminação de gargalos operacionais, remodelamento de trechos, ampliação da capacidade e aumento substancial da produtividade dos ativos. Nesse projeto, merece destaque a criação de novos eixos de desenvolvimento, através da ligação do cerrado do Nordeste aos portos de Suape (PE) e Pecém (CE), numa linha de bitola larga, partindo do interior de Piauí e passando por importantes pólos econômicos como Araripina. Há previsão de estes ramais estarem em operação a partir de 2008 e as principais cargas transportadas serão grãos, fertilizantes e minérios (ANTF, 2006).

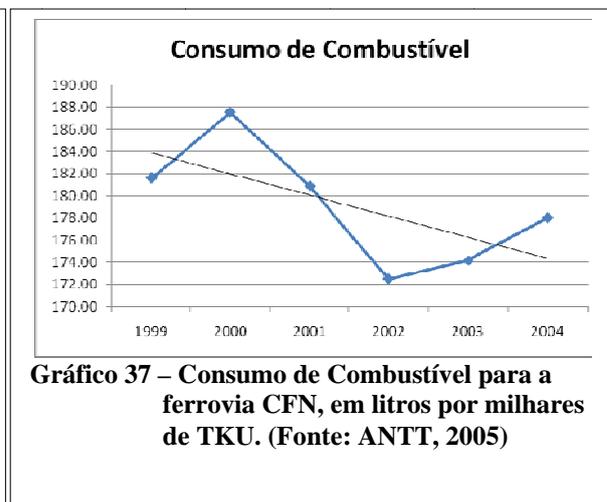
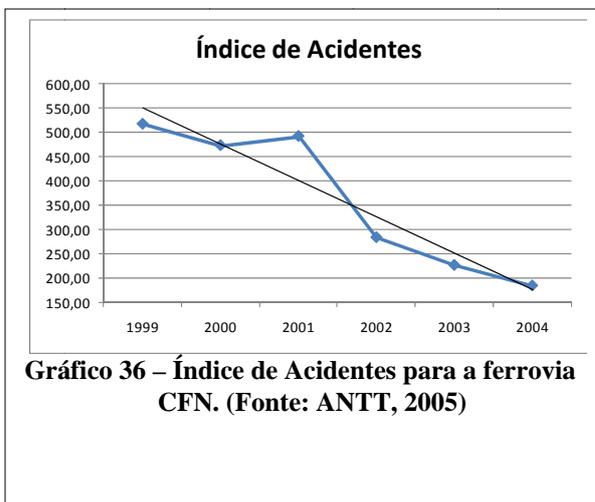
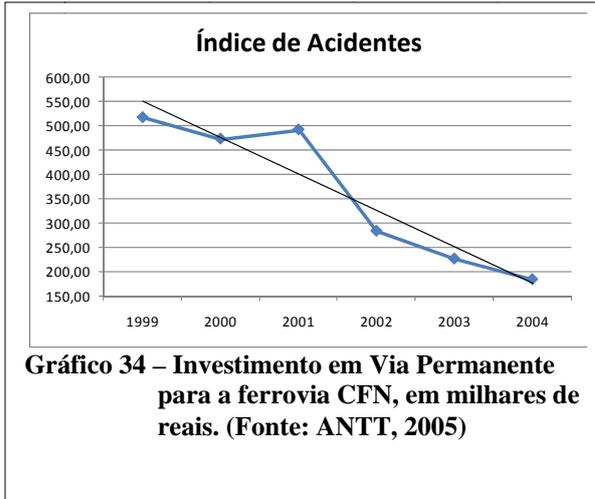
A CFN, empresa de capital fechado, tem a concessão de 4.238 quilômetros de ferrovias em sete dos nove estados do Nordeste. A região Nordeste apresenta

intensa e diversificada atividade econômica. As principais cargas movimentadas são contêineres, cimento, calcário, combustíveis, óleo de soja, álcool, açúcar, produtos siderúrgicos e alumínio. (ANTF, 2006)

O resumo do desempenho da CFN, na aplicação de seus recursos para atendimento à demanda, mostra que o investimento em material rodante (gráfico 33) e via permanente (gráfico 34) pode ser causa para a percepção da confiabilidade no transporte ferroviário por parte dos clientes e, portanto, resultando no indicador TKU crescente, após o ano de 2001 (gráfico 32).

Os gráficos 36 e 37 apresentam resultados para os indicadores “Índice de Acidentes” e “Consumo de Combustível” que contrariam a linha de tendência apresentada no gráfico 35, que mostra a redução dos investimentos em Telecomunicação e Sinalização. Entretanto, se a linha de tendência para este gráfico 35 não levasse em conta o dado de 1999, esta se apresentaria crescente.





### 3.1.7. FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.

A FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A. obteve a concessão da Malha Paulista, pertencente à Rede Ferroviária Federal S.A., no leilão realizado em 10/11/98. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 22/12/98, publicado no Diário Oficial da União de 23/12/98. A empresa iniciou a operação dos serviços públicos de transporte ferroviário de cargas, em 01/01/99. O Quadro 8 mostra, de forma resumida, as características da malha da FERROBAN (ANTT, 2006).

Área de atuação:	São Paulo e Minas Gerais	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	2.422 km
	Bitola 1,60 m:	1.513 km
	Bitola 1,00/1,60 m:	301 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	Uberaba – MG
	MRS Logística S.A.	Jundiaí-SP, Lapa-SP, Perequê-SP
	ALL - América Latina Logística do Brasil S.A.	Pinhalzinho-PR , Ourinhos-SP
	Ferrovia Novoeste S.A.	Bauru-SP
	FERRONORTE S.A. - Ferrovias Norte Brasil	Santa Fé do Sul-SP
Pontos de interconexão com portos:	Santos-SP, Pederneiras-SP, Panorama-SP e Presidente Epitácio-SP	

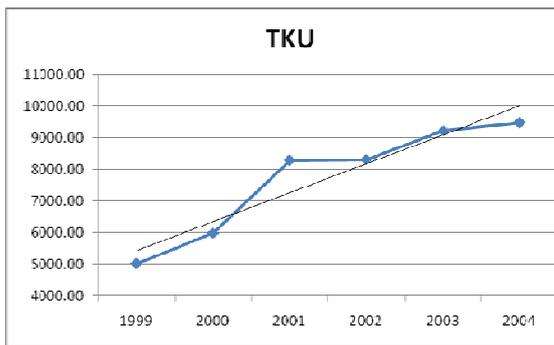
**Quadro 8 – Resumo das características da malha da FERROBAN.**

Seu trajeto liga a Baixada Santista (Porto de Santos) às cidades de Santa Fé do Sul, Panorama e Colômbia, em um trecho de 2.916 km, possibilitando o escoamento da produção de estados como Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo (ANTF, 2006).

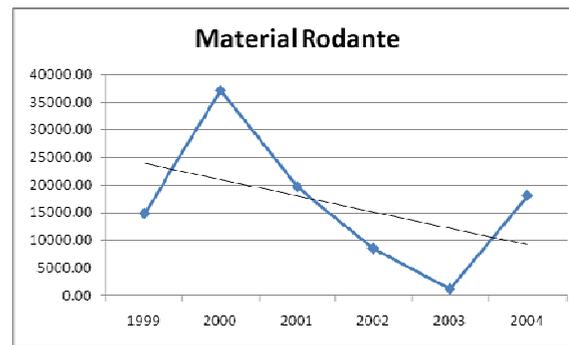
Em 2002, a FERROBAN passou a integrar, juntamente com a Novoeste e Ferronorte, os corredores ferroviários Corumbá (MS)/Santos (SP), em bitola métrica, e Alto Araguaia (MT)/Santos (SP), em bitola larga, ligando importantes regiões exportadoras do Brasil e da Bolívia ao Porto de Santos (São Paulo) (ANTF, 2006).

Os gráficos elaborados para a ferrovia Ferrobán apresentam uma situação que até agora não fora apresentada para as outras ferrovias. Enquanto o gráfico 38 mostra um crescimento para o indicador de produtividade TKU, os gráficos 39 e 40 mostram uma redução nos investimentos em Material Rodante e Via Permanente.

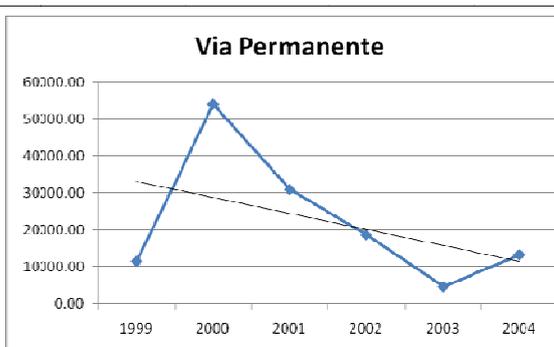
A mesma situação ocorre com o investimento em Telecomunicação e Sinalização (gráfico 41), que tem tendência de decréscimo, enquanto que os indicadores de produtividade, Índice de Acidentes (gráfico 42) e Consumo de Combustível (gráfico 43), que, teoricamente, são influenciados por este item de investimento, apresentam, também, tendência de decréscimo.



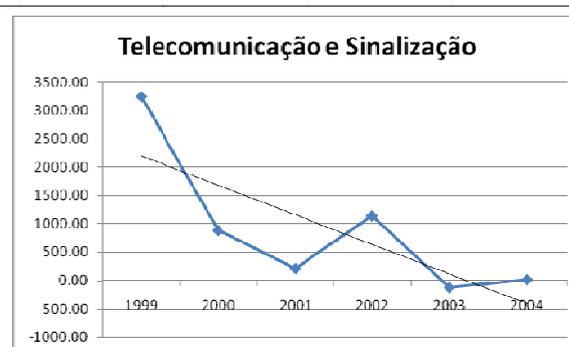
**Gráfico 38 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FERROBAN. (Fonte: ANTT, 2005)**



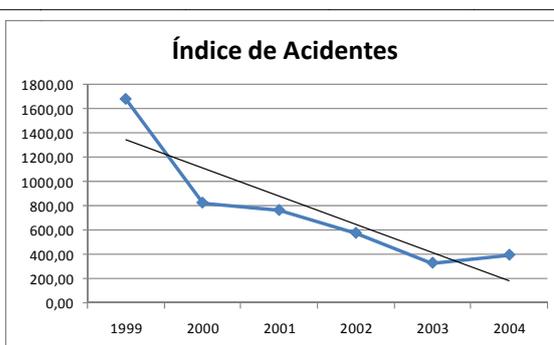
**Gráfico 39 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



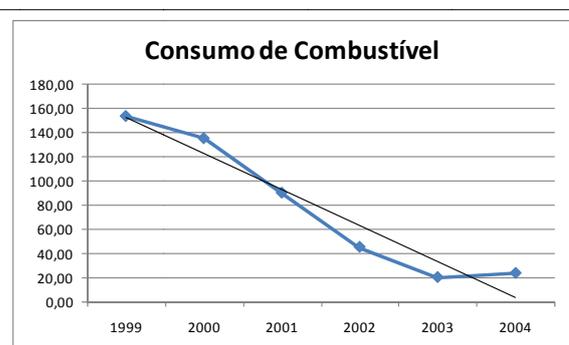
**Gráfico 40 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 41 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FERROBAN, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 42 – Índice de Acidentes para a ferrovia FERROBAN. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 43 – Consumo de Combustível para a ferrovia FERROBAN, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005)**

### 3.1.8. Estrada de Ferro Vitória a Minas – EFVM

A Companhia Vale do Rio Doce - CVRD obteve, em 27/06/97, por meio de contrato firmado com a União, a concessão da exploração dos serviços de transporte ferroviário de cargas e passageiros, prestados pela Estrada de Ferro Vitória a Minas. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 27/06/97, publicado no Diário Oficial da União de 28/06/97. O Quadro 9 mostra, de forma resumida, as características da Estrada de Ferro Vitória a Minas (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Espírito Santo e Minas Gerais	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	898 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Ferrovias Centro-Atlântica S.A.	Vitória-ES, Eng.º Lafaiete Bandeira-MG, Capitão Eduardo-MG
Pontos de interconexão com portos:	Tubarão – ES	

**Quadro 9 – Resumo das características da Estrada de Ferro Vitória a Minas.**

Incorporada à Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, na década de 40, a Vitória a Minas foi construída pelos Ingleses e inaugurada em 18 de maio de 1904. É hoje uma das mais modernas e produtivas ferrovias brasileiras, transportando 37% de toda a carga ferroviária do país, (ANTF, 2006).

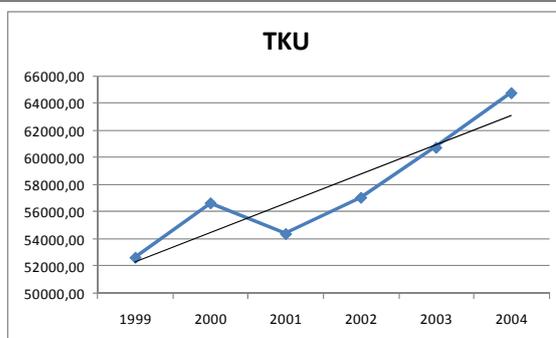
Localizada na região Sudeste, a Vitória a Minas faz conexão com outras ferrovias, integrando os estados de Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Distrito Federal, e tem acesso privilegiado aos principais portos do Espírito Santo, entre eles os de Tubarão e Praia Mole (ANTF, 2006).

A Ferrovia conta com 905 km de extensão de linha, sendo 594 km em linha dupla, correspondendo a 3,1% da malha ferroviária brasileira. Dispõe de aproximadamente 15.376 vagões e 207 locomotivas e transporta, atualmente, cerca de 110 milhões de toneladas por ano, das quais 80% são minério de ferro e 20% correspondem a mais de 60 diferentes tipos de produtos, tais como aço, carvão, calcário, granito, contêineres, ferro gusa, produtos agrícolas, madeira, celulose, veículos e cargas diversas. A ferrovia tem cerca de trezentos clientes (ANTF, 2006).

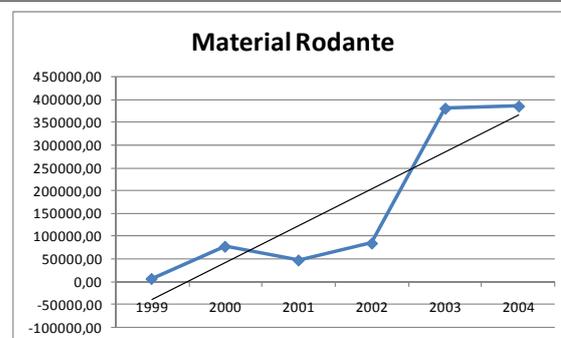
A Vitória a Minas é a maior em densidade de tráfego e apresenta alguns dos melhores índices de produtividade, resultado da segurança e eficiência que a

colocam entre as principais ferrovias do mundo. O segredo deste desempenho está nos seus recursos humanos e nas modernas tecnologias que emprega (ANTF, 2006).

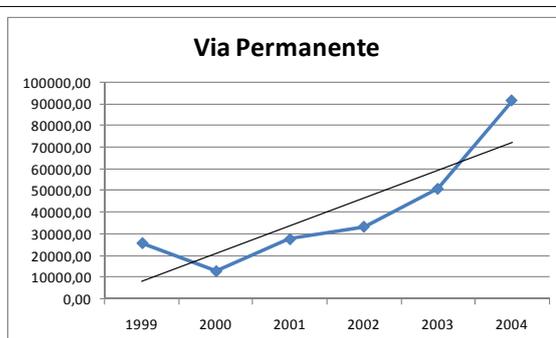
Para a ferrovia Vitória a Minas, nota-se, pelos gráficos 45 e 46, um crescente investimento em material rodante e via permanente, respectivamente. Analisando o mesmo período, também ocorre crescente aumento na produtividade medida em TKU (gráfico 44). Para os indicadores Índice de Acidente e Consumo de Combustível (gráficos 48 e 49), ocorre decréscimo dos valores apurados, ao mesmo tempo em que o investimento em Telecomunicação e Sinalização é crescente, como mostra o gráfico 47.



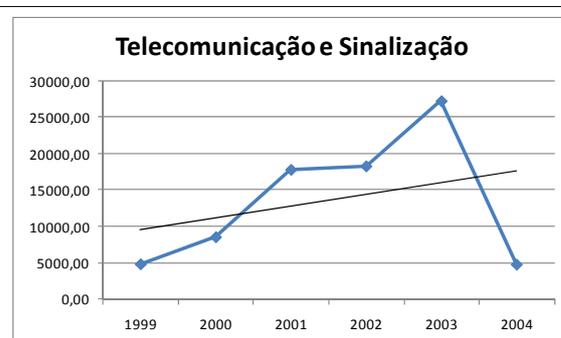
**Gráfico 44 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia EFVM. (Fonte: ANTT, 2005)**



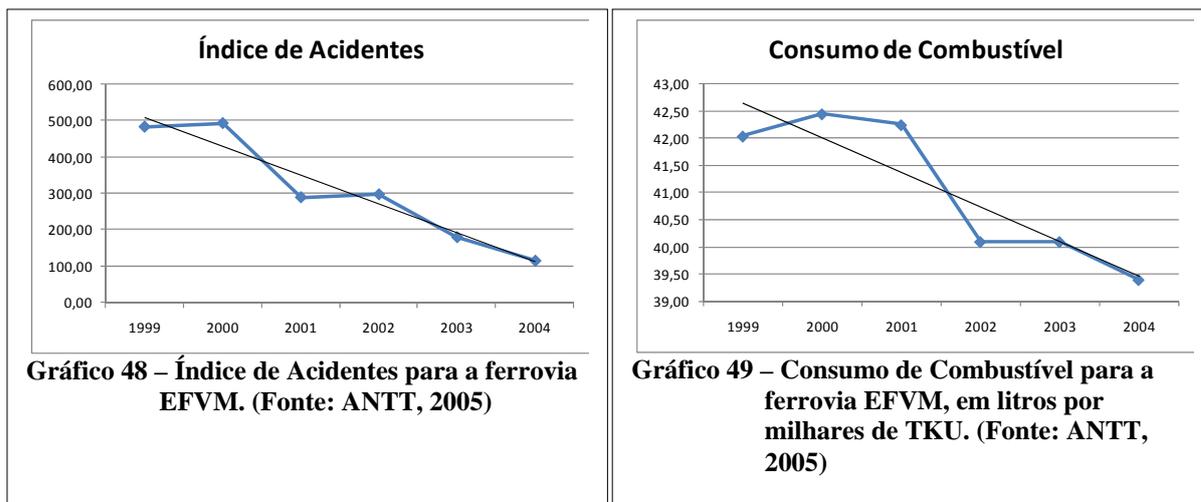
**Gráfico 45 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 46 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 47 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia EFVM, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



### 3.1.9. EFC – Estrada de Ferro Carajás

A Companhia Vale do Rio Doce - CVRD obteve em 27/06/97, sob novo contrato firmado com a União, a concessão da exploração dos serviços de transporte ferroviário de cargas e passageiros, prestados pela Estrada de Ferro Carajás. A outorga dessa concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial de 27/06/97, publicado no Diário Oficial da União de 28/06/97. O Quadro 10 mostra, de forma resumida, as características da Estrada de Ferro Carajás (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Pará e Maranhão	
Extensão das linhas:	Bitola 1,60 m:	892 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Ferrovia Norte-Sul	Açailândia-MA
	Companhia Ferroviária do Nordeste S.A.	Itaqui-MA
Pontos de interconexão com portos:	Terminal da Ponta da Madeira – MA	

**Quadro 10 – Resumo das características da Estrada de Ferro Carajás.**

Com seus 892 km de linha corrida singela, sendo 735 km em tangente, de excelentes condições técnicas, Carajás é uma das ferrovias com melhores índices de produtividade do mundo (ANTF, 2006).

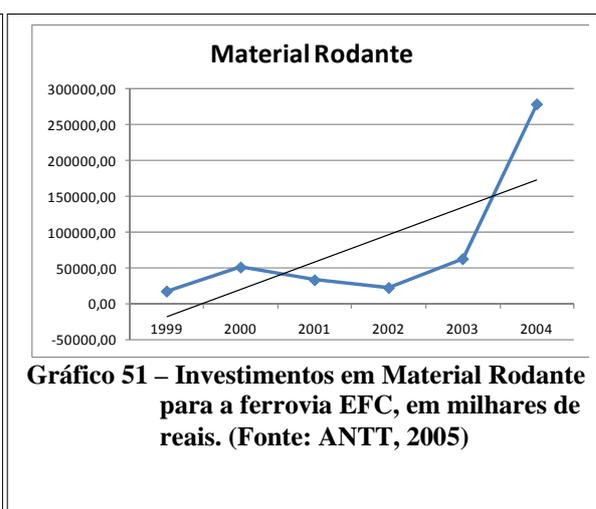
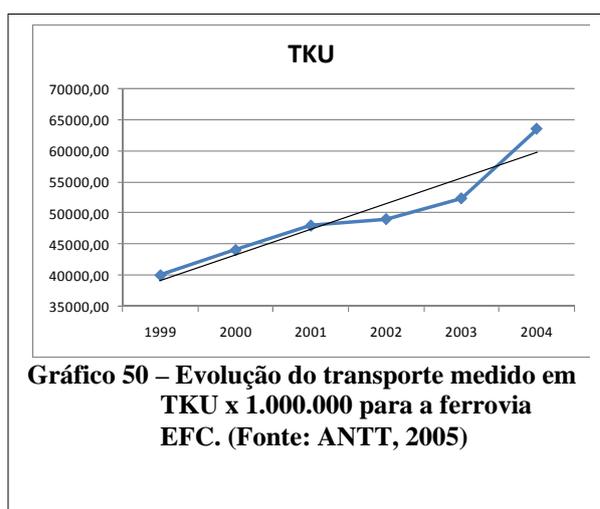
A Estrada de Ferro Carajás foi concebida para dar maior produtividade aos trens de minério e, hoje, tem um dos centros de controle mais modernos do mundo. A velocidade máxima durante o tráfego é de 80 km/h e, no percurso existem 347

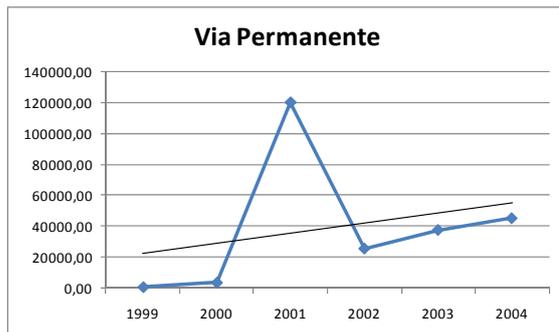
curvas. A EFC conta, hoje, com aproximadamente 5.353 vagões e 100 locomotivas (ANTF, 2006).

A Estrada de Ferro Carajás – EFC pertence e é diretamente operada pela CVRD. Ela atua na região norte do país, ligando o interior ao principal porto da região – São Luís (ANTF, 2006).

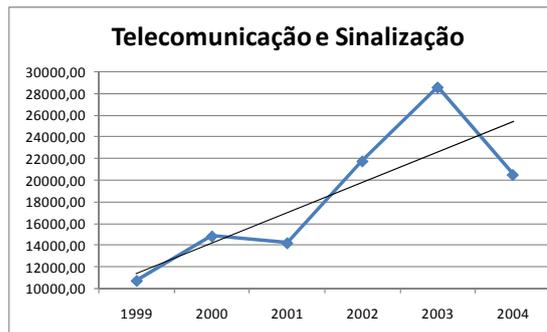
Nos seus 19 anos, além de minério de ferro e manganês, têm passado pelos seus trilhos, anualmente, cerca de cinco milhões de toneladas de produtos como madeira, cimento, bebidas, veículos, fertilizantes, combustíveis, produtos siderúrgicos e agrícolas, com destaque para soja, produzida no sul do Maranhão, Piauí, Pará e Mato Grosso (ANTF, 2006).

Com relação ao desempenho da EFC traduzido em indicadores, observa-se, nos gráficos 51 e 52, que o investimento em material rodante e via permanente é crescente, no mesmo período em que o indicador de produtividade TKU também é crescente, como mostra o gráfico 50. Para os indicadores Índice de Acidentes e Consumo de Combustíveis (gráficos 54 e 55, respectivamente) ocorre redução em seus índices, quando o investimento em Telecomunicação e Sinalização é crescente, como mostra o gráfico 53.

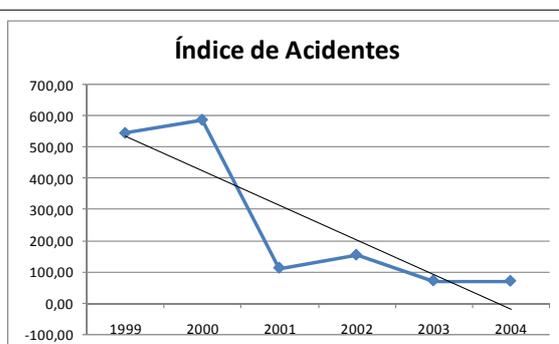




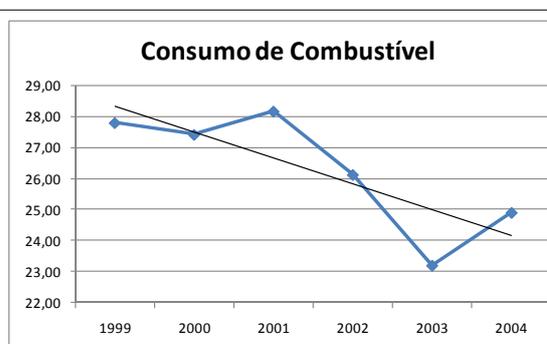
**Gráfico 52 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia EFC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 53 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia EFC, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 54 – Índice de Acidentes para a ferrovia EFC. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 55 – Consumo de Combustível para a ferrovia EFC, em litros por milhares de TKU. (Fonte: ANTT, 2005)**

### 3.1.10. FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.

A ferrovia FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A., empresa do Estado do Paraná, detém a concessão para construir e operar estrada de ferro, entre as cidades de Guarapuava e Cascavel. A outorga desta concessão foi efetivada pelo Decreto Presidencial n.º 96.913, de 03/10/88, publicado no Diário Oficial da União em 04/10/88. Em 01/03/97, a FERROESTE subconcedeu sua malha à Ferrovia Paraná S.A. - FERROPAR, para explorar o serviço público de transporte ferroviário de cargas. O Quadro 11 mostra, de forma resumida, as características da Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A. (ANTT, 2006).

Área de atuação:	Paraná	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	248 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	ALL - América Latina Logística do Brasil S.A.	Guarapuava-PR
Pontos de interconexão com portos:	Paranaguá-PR	

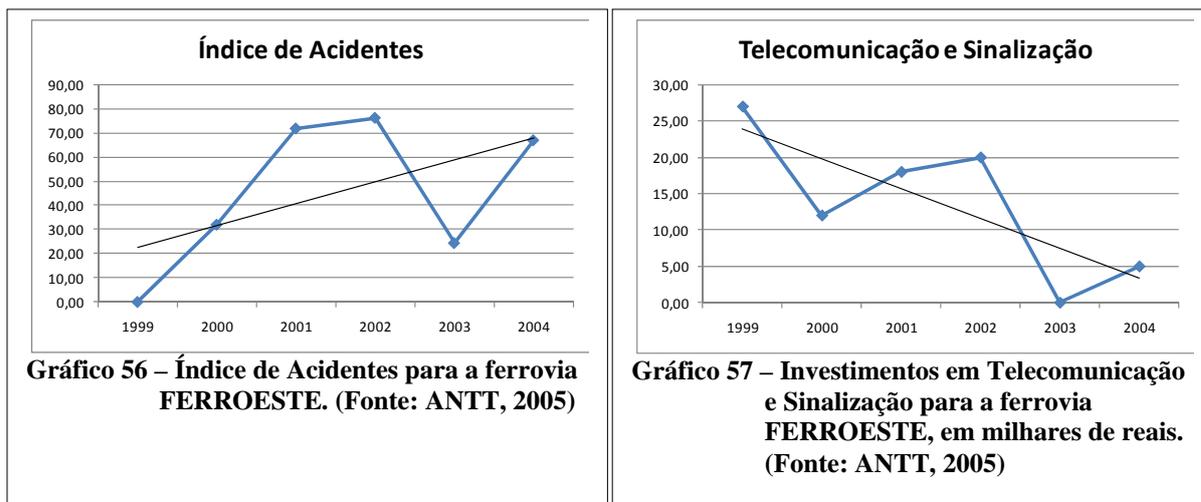
**Quadro 11 – Resumo das características da Estrada de Ferro Paraná Oeste S.A.**

Em 1996 o Governo do Estado do Paraná, levado a acompanhar o processo de privatização das ferrovias no Brasil, promoveu o leilão público para concessão da operação ferroviária. O consórcio denominado FERROPAR - Ferrovia Paraná S/A foi o vencedor e passou a operar a ferrovia em 1º de março de 1997. As quatro empresas societárias, que detêm igual participação acionária são: ALL (América Latina Logística), FAO (Empreendimentos e Participações), Gemon (Geral de Engenharia de Montagem S/A) - empresa do Grupo MPE e Pound – S/A. (ANTF, 2006).

Hoje, a FERROPAR conta com uma estrutura de aproximadamente 17 locomotivas, 350 vagões e opera em uma malha ferroviária de 248 km, ligando as cidades de Cascavel e Guarapuava. A empresa transporta soja, milho, trigo, farelo, fertilizantes, calcário, cimento, óleo vegetal, combustível entre outros. Dentre os clientes estão Cargil, Imcopa, Bunge, Ipiranga, Cimento Rio Branco, Coopavel e Moinho Iguazu (ANTF, 2006).

Devido à ausência de dados para alguns anos, os gráficos gerados para a FERROESTE foram somente dois, um o indicador de produtividade “índice de acidentes” e o outro, o gráfico para o item de investimento “telecomunicação e sinalização”.

De acordo com os gráficos 56 e 57, é possível observar que o aumento do índice de acidentes ocorre no mesmo período em que os investimentos em telecomunicação e sinalização são decrescentes. Os demais gráficos, com outros indicadores de produtividade e investimentos não foram elaborados devido a insuficiência de dados disponibilizados nos relatórios anuais de concessão.



### 3.1.11. FERRONORTE S.A. - Ferrovias Norte Brasil

A Ferronorte S.A. - Ferrovias Norte Brasil detém a concessão outorgada pelo Decreto n.º 97.739, de 12/05/1989, para estabelecer um sistema de transporte ferroviário de carga, abrangendo a construção, operação, exploração e conservação da ferrovia (ANTT, 2006).

Pela dimensão, o projeto é de longo prazo e vem sendo implantado em trechos, tendo sido iniciadas as operações ferroviárias a partir da abertura ao tráfego público do primeiro trecho, que inicia às margens do Rio Paraná (Ponte Rodoferroviária) e termina no Município de Chapadão do Sul, no Estado do Mato Grosso do Sul. O Ministério dos Transportes liberou o último trecho construído entre Alto Taquari-MT e Alto Araguaia-MT, que somado ao primeiro (Chapadão do Sul-MS e Alto Taquari-MT) totaliza 512Km de extensão. O Quadro 12 mostra, de forma resumida, as características da malha operada pela Ferronorte quando de seu projeto e de sua situação atual (ANTT, 2006).

Projeto da Ferrovia		
Área de atuação:	Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Pará	
Extensão das linhas:	Bitola 1,00 m:	680 km
	Bitola 1,60 m:	4.548 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	Ferrovia Centro-Atlântica S.A.	Uberlândia-MG
	FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.	Aparecida do Taboado-MS
Pontos de interconexão com portos:	Santarém-PA (Terminal Hidroviário) e Porto Velho-RO (Terminal Hidroviário)	
Situação Atual quanto à Operação Ferroviária		
Área de atuação:	Mato Grosso do Sul e Mato Grosso	
Extensão das linhas:	Bitola 1,60 m:	512 km
Pontos de Interconexão com Ferrovias:	FERROBAN - Ferrovias Bandeirantes S.A.	Aparecida do Taboado-MS

**Quadro 12 – Resumo das características da Ferrovias Norte Brasil**

A Ferronorte é uma artéria logística que ligará as regiões Norte e Centro-Oeste ao Sul e Sudeste do País, aos principais Portos de Exportação, que teve a sua concessão obtida em 1989, por 90 anos (ANTF, 2006).

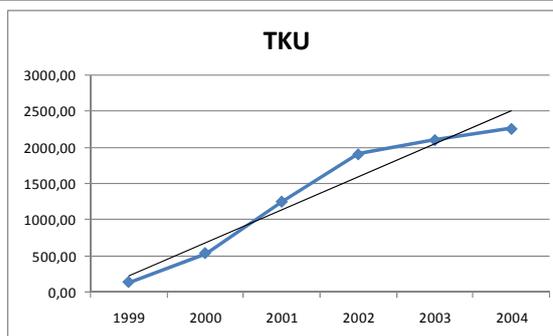
Em 1999, foi inaugurado o 1º trecho da Ferronorte, com 410 km, ligando Aparecida do Taboado (SP) a Alto Taquari (MT) e, em abril de 2002, foram inaugurados mais 90 km de linha, interligando Alto Taquari a Alto Araguaia, em Mato Grosso, totalizando 500 km. Posteriormente, os trilhos atingirão Rondonópolis, seguindo depois para Cuiabá (ANTF, 2006).

Em Mato Grosso, a Ferronorte está ajudando a expandir a produção da soja, valorizando vastas áreas de cerrado. Irá também contribuir decisivamente para a ampliação do transporte ferroviário de algodão, açúcar e álcool, aumentando as potencialidades da região (ANTF, 2006).

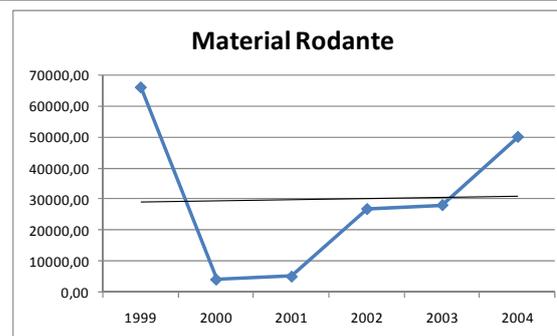
No ano de 2003, a Ferronorte transportou 5,7 milhões de toneladas, sendo responsável pelo transporte de 70% da soja produzida no Mato Grosso e por 50% da soja exportada pelo Porto de Santos, sendo que a meta para 2004 era transportar 7 milhões de toneladas (ANTF, 2006).

De acordo com os gráficos 58, 59 e 60, o indicador de produtividade TKU foi crescente, enquanto o investimento em Material Rodante foi crescente a partir de

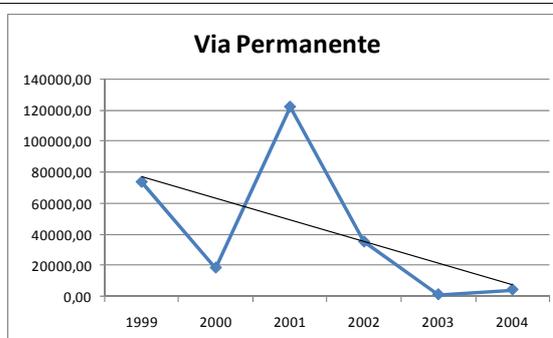
2000 e o investimento em Via Permanente sofreu variações, provavelmente devido a algum novo trecho em construção. Ao contrário dos casos já comentados para as demais ferrovias, a Ferronorte apresentou decréscimo no investimento em Telecomunicação e Sinalização (gráfico 61), no mesmo período em que o Consumo de Combustível foi decrescente (gráfico 63), porém, o Índice de Acidentes apresentou leve tendência de crescimento (gráfico 62)



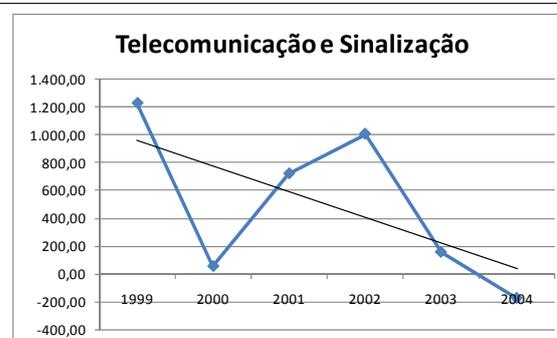
**Gráfico 58 – Evolução do transporte medido em TKU x 1.000.000 para a ferrovia FERRONORTE. (Fonte: ANTT, 2005)**



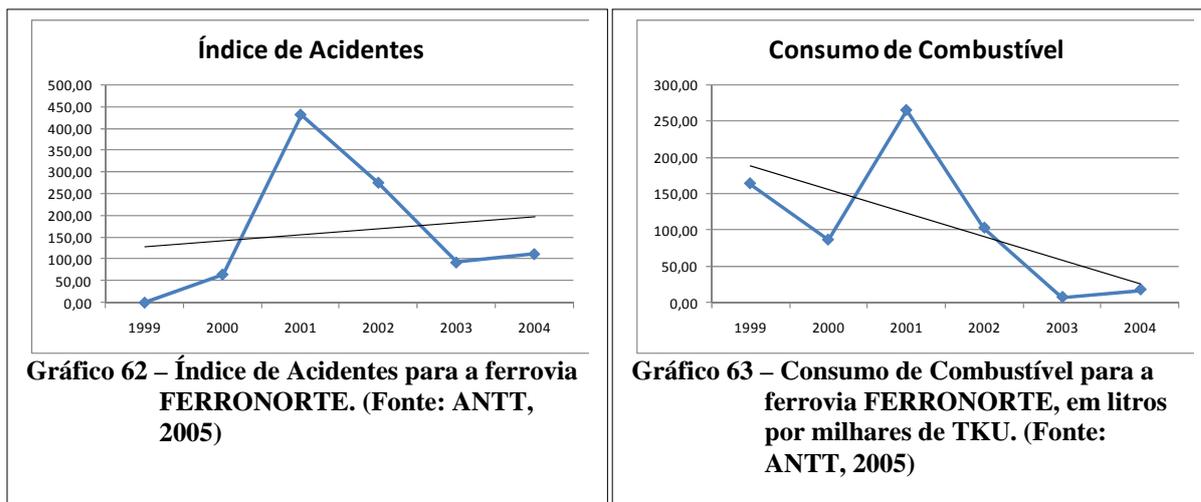
**Gráfico 59 – Investimentos em Material Rodante para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 60 – Investimento em Via Permanente para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



**Gráfico 61 – Investimentos em Telecomunicação e Sinalização para a ferrovia FERRONORTE, em milhares de reais. (Fonte: ANTT, 2005)**



### 3.1.12. Incorporação da Brasil Ferrovias pela ALL

A ALL S/A inaugurou, no dia 9 de maio de 2006, um novo tempo em sua trajetória. A empresa anunciou a aquisição dos corredores de bitola larga da Brasil Ferrovias e de bitola estreita da Novoeste Brasil, que possibilitam a sua inserção nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do País e a remetem ao status de maior ferrovia da América Latina, sua malha atinge, hoje, 21 mil quilômetros (Revista Ferroviária, 2006).

A incorporação da Brasil Ferrovias/ Novoeste por R\$ 1,405 bilhão foi viabilizada através de troca de ações envolvendo os fundos de pensão Previ e Funcef e o BNDES, que juntos detinham 90% do capital acionário da antiga empresa (Revista Ferroviária, 2006).

Efetivado o acordo, cuja aprovação está sob análise da ANTT, os fundos e o BNDES (que aderiu ao acordo) passam a deter 20,2% das ações da ALL S/A. A oferta foi realizada com base na média da cotação de 30 pregões anteriores à data em que foi apresentada a proposta para a aquisição dos dois corredores ferroviários, no dia 22 de março — R\$ 124,44 a Unit (conjunto de ações formado por quatro preferenciais e uma ordinária). Os fundos e BNDES terão ainda cerca de 12 milhões de ações ordinárias e direito a dois assentos no Conselho Administrativo (Revista Ferroviária, 2006).

A conclusão do processo, na avaliação do presidente da ALL, Bernardo Hees, representa um marco na história do sistema ferroviário brasileiro. “Esta operação vai permitir que as regiões que fazem parte dessa malha sejam efetivamente integradas, oferecendo um transporte eficiente e competitivo, beneficiando os diversos segmentos econômicos, especialmente os produtores agrícolas, que passam a contar com mais uma opção logística competitiva.” (Revista Ferroviária, 2006).

Os planos da empresa nesta nova fase são audaciosos. Hees anunciou para os próximos cinco anos investimentos da ordem de R\$ 1 bilhão nas três ferrovias adquiridas: Ferronorte, Ferroban e Novoeste. Os recursos, oriundos do próprio caixa da ALL, serão direcionados para a compra e reforma de locomotivas e vagões e à revitalização da via permanente. “O pagamento em ações foi fundamental para permitir que nosso caixa, hoje em torno de R\$ 1 bilhão, ficasse disponível para a realização dos investimentos necessários.” (Revista Ferroviária, 2006).

A ALL assumiu, com a incorporação das três operadoras, 1.990 funcionários; 3.767 vagões operacionais de bitola estreita e 4.582 de bitola larga, somando 8.349 unidades; 272 locomotivas operacionais, sendo 88 da bitola estreita e 184 da bitola larga. A Ferroban tem 1.988 km de linha, a Novoeste 2.000 km e a Ferronorte 512 km, somando 4.500 km (Revista Ferroviária, 2006).

#### **4. Itens de investimento e indicadores de produção aplicados às concessionárias ferroviárias de carga brasileiras**

Em todo o mundo, o estabelecimento de indicadores para planejamento, acompanhamento e controle da atividade empresarial tem se revelado essencial, sobretudo na área ferroviária, onde ocorre uma acirrada competição com outros modos de transporte (BRANCO, 1998).

Além da questão concorrencial, os indicadores desempenham papel fundamental na correta avaliação do negócio ferroviário, especialmente no novo cenário de privatizações brasileiro, no qual, os resultados citados despertam interesses múltiplos, seja nos dirigentes e acionistas das empresas, seja nos órgãos reguladores do Poder Concedente (BRANCO, 1998).

Takashina e Flores (1996) afirmam que os indicadores são essenciais ao planejamento, em virtude de possibilitarem o estabelecimento de metas quantificáveis e a sua disseminação na empresa, e essenciais ao controle, pois, com a análise dos indicadores, pode-se fazer uma análise do desempenho da empresa, visando a tomada de decisões e o replanejamento.

Em termos de planejamento, os indicadores possibilitam a fixação de metas físicas e monetárias, globais e setoriais, que permeiam toda a organização. Os indicadores fornecem elementos fundamentais para análise crítica e retroanálise do desempenho, comparativamente às metas planejadas e, na área de controle, os indicadores fornecem elementos fundamentais para o planejamento de atividades e reprogramação de metas (BRANCO, 1998).

O desempenho global de uma ferrovia pode ser medido, efetivamente, através de alguns poucos índices; entretanto, as razões para que dado desempenho tenha ocorrido estarão ligadas a outro leque de indicadores e, assim, sucessivamente (BRANCO, 1998).

Dessa forma, para cada nível organizacional, existirão indicadores, articulados a outros mais globais ou mais específicos, perfazendo um conjunto que forma toda a organização ferroviária (BRANCO, 1998).

Adverte-se, no entanto, que os indicadores de qualidade e desempenho são inerentes a cada estrutura organizacional e a interferência ou extrapolação de resultados de uma empresa para outra dependerá de judiciosa avaliação (BRANCO, 1998).

Tavares (1995) *et al.* afirmam que os indicadores permitem que cada empresa compare seu desempenho com outras empresas do setor e avalie seu nível de competitividade, estabelecendo suas metas para melhoria contínua. A definição de um conceito de qualidade, de acordo com o que a empresa tem como objetivo e a determinação de estratégias visando o aperfeiçoamento da qualidade é, segundo os autores, de extrema importância para a geração de indicadores.

Rodrigues (1990) divide os indicadores em dois grupos, indicadores de eficiência e de eficácia. Os de eficiência são “normalmente expressos através da relação entre as entradas consumidas e as saídas produzidas”. Estas saídas estão relacionadas a fatores como mão-de-obra, veículos, instalações, equipamento, energia, recursos financeiros e capacidade gerencial, e as medidas de eficácia dizem respeito ao grau em que estes recursos são economicamente utilizados.

Rodrigues (1990) ressalta as seguintes considerações quando os indicadores forem utilizados para comparação entre diferentes sistemas.

- Em função das particularidades de cada sistema, algumas vezes é necessária a utilização de indicadores diferentes para a medida de um determinado aspecto;
- Devem ser considerados os indicadores que meçam aspectos semelhantes dos diferentes sistemas, ou seja, que minimizem as conseqüências das suas diferenças;
- A análise dos resultados deve ser acompanhada da interpretação dos fatores que influenciam a variação de cada indicador.

Rodrigues (1990) relaciona também as dificuldades de comparação encontradas na utilização de indicadores de desempenho em diferentes sistemas:

- Características operacionais e dos equipamentos utilizados;
- Objetivos estabelecidos para o sistema;

- Compatibilidade e confiabilidade dos dados;
- Diferenças nas estruturas;
- Papel que ocupam no sistema integrado de transporte da região;
- Características sócio-econômicas;
- Influência de fatores de ordem política;
- Práticas gerenciais específicas;
- Eventos anômalos acontecidos no período considerado.

Os indicadores utilizados para planejamento, acompanhamento e controle no transporte ferroviário são influenciados pelas características do transporte, quais sejam as vias, material rodante, sinalização, tipo de carga etc, ou até mesmo no âmbito organizacional da empresa.

Deixando de lado a parte organizacional, os investimentos realizados visando melhoria no transporte têm reflexos nos indicadores de produção de forma diferenciada, de tal modo que alguns indicadores refletem de forma mais evidente onde o investimento realizado foi mais vantajoso.

Como forma de garantia da realização desses investimentos, os contratos de arrendamento rezam que as concessionárias ferroviárias de carga brasileiras apresentem um planejamento, chamado de plano trienal de investimentos.

#### **4.1. Plano trienal de investimentos**

Nos contratos de concessão, a Cláusula Nona – Das Obrigações da Contratada, item XVI, obriga as concessionárias ferroviárias a apresentarem à Concedente (ANTT), anualmente, planejamento trienal de investimentos para atingimento dos parâmetros de segurança da operação da ferrovia e das demais metas de desempenho estabelecidas no mesmo contrato (cada concessionária tem suas metas diferentes das demais).

Ainda conforme os contratos de concessão, estes planos deverão indicar os projetos, seus custos e o cronograma de implantação, demonstrando os investimentos realizados no ano anterior.

## **4.2. Base de dados da ANTT, itens de investimento e indicadores de produção**

A ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres, através da resolução N° 44 de 04 de julho de 2002, instituiu o SIADE - Sistema de Acompanhamento do Desempenho das Concessionárias de Serviços Públicos de Transportes Ferroviários e dá outras providências (ANTT, 2006).

No Título V, Art. 2º desta resolução, a ANTT fica responsável por promover a instalação de um banco de dados informatizado, necessário ao acompanhamento, análise e fiscalização das concessões, e a operacionalização do fluxo de informações inerentes ao sistema.

As concessionárias, por sua vez, ficam responsáveis por enviar a ANTT os dados operacionais e econômico-financeiros relativos a cada mês a partir de Janeiro de 1999 ou a partir da data de início da concessão para concessões iniciadas após esta data.

Os dados operacionais controlados pela ANTT referem-se, e estão sempre vinculados, à malha ferroviária da Concessionária em análise, independentemente do material rodante em questão pertencer ou não à mesma.

### **4.2.1. Indicadores de desempenho**

A resolução N.º 44, em seu Anexo I, especifica os seguintes itens para controle operacional das concessionárias ferroviárias de carga, sendo:

- a) DC - Desempenho de Trem de Carga
  - i. Dc1 - "Número de Trens Formados" - Informar o número total de trens, remunerados e de serviços, formados no período.
  - ii. Dc2 - "Distância Total Percorrida (km)" - Informar o somatório do percurso dos trens de carga, inclusive os de serviços não remunerados, no período. Inclui os trens oriundos de outras malhas por tráfego mútuo ou direito de passagem.
  - iii. Dc3 - "Tempo Total em Marcha (trem.hora)" - Informar em valores inteiros, o somatório dos tempos, em horas, de circulação dos trens

remunerados e de serviços na malha, descontados os tempos de parada em pátios para recomposições ou manobras no trem, no período. Inclui os trens oriundos de outras malhas por tráfego mútuo ou direito de passagem.

- iv. Dc4 - "Tempo Total Parado (trem.hora)" - Informar em valores inteiros, o somatório dos tempos de parada, em horas (considerar somente as paradas relativas ao trem formado, não considerar tempo de formação), dos trens de carga remunerados e de serviços na malha, no período. Inclui os trens oriundos de outras malhas por tráfego mútuo ou direito de passagem.

b) DI - Desempenho de Locomotiva.

- i. DI1 - "Consumo de combustível (litro)" - Informar a quantidade de combustível, por modelo de locomotiva, consumido pela frota de locomotivas diesel-elétricas para o desempenho de suas operações de transporte, de manobra e de serviço.
- ii. DI2 - "Imobilização (loco.hora)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de imobilização na malha, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), em loco.hora, no período. Não inclui o tempo relativo às locomotivas em processo de baixa ou devolução.
- iii. DI3 - "Disponibilidade (loco.hora)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de locomotivas disponíveis não utilizadas, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), em loco.hora, no período.
- iv. DI4 - "Utilização Serviço Remunerado (loco.hora)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de locomotivas utilizadas no serviço remunerado, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), em loco.hora, no período.
- v. DI5 - "Utilização Serviço Interno (loco.hora)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de locomotivas utilizadas no

serviço não remunerado, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), em loco.hora, no período.

- vi. DI6 - "Intercâmbio para Outras Ferrovias (loco.hora)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de locomotivas fora dos limites desta Concessionária entregue a outras Ferrovias no período, em loco.hora, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (neste caso, excluem-se as locomotivas que pertençam a outras concessionárias).
- vii. DI7 - "Distância Total Percorrida (km)" - Informar o somatório das quilometragens percorridas na ferrovia, no período, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias).
- viii. DI8 - "TKU Transportada" - Informar o somatório da TKU transportada em composições, por modelo de locomotiva, no período.
- ix. DI9 - "TKB Rebocada" - Informar o somatório do produto da tonelagem bruta da composição do trem (incluindo todos os veículos, exceto as locomotivas que participam da tração do trem) do serviço remunerado, pela distância operacional percorrida entre eventos de partida e de chegada, por modelo de locomotiva própria, arrendada, alugada e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), observadas as seguintes hipóteses:
  - a. se o percurso estiver todo contido na malha de uma Concessionária, a origem será o próprio local de formação do trem, enquanto o destino será o local do seu encerramento.
  - b. se o percurso abranger duas ou mais malhas de Concessionárias (tráfego mútuo), ainda que, em regime de direito de passagem, a origem será o local de formação do trem, se este pertencer à malha desta Concessionária, caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária recebeu o trem. O destino será o local de encerramento do trem, se este local estiver na malha desta Concessionária, caso

contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária entregou o trem.

c) Dv - Desempenho de Vagão

- i. Dv1 - "Imobilização (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões imobilizados na Concessionária (exceto o tempo relativo a vagão em processo de baixa ou devolução), em vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- ii. Dv2 - "Disponibilidade (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões disponíveis não utilizados, em vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- iii. Dv3 - "Utilização Vagão Vazio (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões destacados para carregamento ou retornando ao ponto de carregamento, em vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- iv. Dv4 - "Utilização Serviço Remunerado (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões carregados no serviço remunerado, em vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- v. Dv5 - "Utilização Serviço Interno (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões carregados no serviço não remunerado, em vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- vi. Dv6 - "Intercâmbio para Outras Ferrovias (vagão.dia)" - Informar, até a primeira casa decimal, o somatório dos tempos de vagões fora dos limites desta Concessionária entregue a outras Ferrovias, em

vagão.dia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (neste caso, excluem-se os vagões que pertençam a outras concessionárias), no período.

- vii. Dv7 - "Distância Percorrida pelo Vagão (km)" - Informar o somatório das quilometragens percorridas na ferrovia, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), no período.
- viii. Dv8 - "TU Gerada no Serviço Interno" - Informar, por série ou tipo de vagão, a quantidade de carga - relativa ao transporte ferroviário não remunerado, realizado para o serviço interno da própria ferrovia - movimentada no período, dentro dos limites da malha da Concessionária, e proveniente de carregamentos gerados na própria malha. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos, assim como o peso proveniente de vagão carregado recebido de outra ferrovia (tráfego mútuo ou direito de passagem).
- ix. Dv9 - "TU Gerada Própria" - Informar, por série ou tipo de vagão, a quantidade de carga - relativa ao transporte ferroviário realizado por interesse da própria administração ferroviária, e não caracterizado como serviço interno da ferrovia - movimentada no período, dentro dos limites da malha da Concessionária, e proveniente de carregamentos gerados na própria malha. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos, assim como o peso proveniente de vagão carregado recebido de outra ferrovia (tráfego mútuo ou direito de passagem).
- x. Dv10 - "TU Gerada para Terceiros" - Informar, por série ou tipo de vagão, a quantidade de carga - relativa ao transporte ferroviário remunerado realizado para clientes - movimentada no período, dentro dos limites da malha da Concessionária, e proveniente de carregamentos gerados na própria malha. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos, assim como o peso

proveniente de vagão carregado recebido de outra ferrovia (tráfego mútuo ou direito de passagem).

- xi. Dv11 - "TU Recebida" - Informar, por série ou tipo de vagão, a quantidade de carga - relativa ao transporte ferroviário remunerado - movimentada no período, dentro dos limites da malha ferroviária da Concessionária, originada em outra malha e recebida por esta através de intercâmbio com outras ferrovias, nacionais ou estrangeiras. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos.
- xii. Dv12 - "TKU de Serviço Não Remunerado" - Informar, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), o somatório do produto da tonelagem útil tracionada - carregada no vagão em fluxo do transporte não remunerado para os serviços internos da própria ferrovia - pela menor distância entre a origem e o destino deste vagão, no período, observadas as seguintes hipóteses:
  - a. se o fluxo estiver todo contido na malha de uma Concessionária, a origem é o próprio local de carregamento do vagão, enquanto o destino é o local de descarga do vagão.
  - b. se o fluxo abranger duas ou mais malhas de Concessionárias (tráfego mútuo), ainda que, em regime de direito de passagem, a origem é o local de carregamento do vagão, se este pertencer à malha desta Concessionária, caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária recebeu o vagão carregado. O destino é o local de descarga do vagão se este pertencer à malha desta Concessionária. Caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária entregou o vagão carregado.
- xiii. Dv13 - "TKU Própria" - Informar, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), o somatório do produto da tonelagem útil tracionada - carregada no vagão em fluxo do transporte ferroviário realizado por

interesse da própria administração ferroviária, e não caracterizado como serviço interno da ferrovia - pela menor distância entre a origem e o destino deste vagão, no período, observadas as seguintes hipóteses:

- a. se o fluxo estiver todo contido na malha de uma Concessionária, a origem é o próprio local de carregamento do vagão, enquanto o destino é o local de descarga do vagão.
- b. se o fluxo abranger duas ou mais malhas de Concessionárias (tráfego mútuo), ainda que, em regime de direito de passagem, a origem é o local de carregamento do vagão, se este pertencer à malha desta Concessionária, caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária recebeu o vagão carregado. O destino é o local de descarga do vagão se este pertencer à malha desta Concessionária. Caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária entregou o vagão carregado.

xiv.Dv14 - "TKU de Terceiros" - Informar, por série ou tipo dos vagões próprios, arrendados, alugados e de terceiros (inclusive de outras concessionárias), o somatório do produto da tonelagem útil tracionada - carregada no vagão em fluxo do transporte remunerado realizado para clientes - pela menor distância entre a origem e o destino deste vagão, no período, observadas as seguintes hipóteses:

- a. se o fluxo estiver todo contido na malha de uma Concessionária, a origem é o próprio local de carregamento do vagão, enquanto o destino é o local de descarga do vagão.
- b. se o fluxo abranger duas ou mais malhas de Concessionárias (tráfego mútuo), ainda que, em regime de direito de passagem, a origem é o local de carregamento do vagão, se este pertencer à malha desta Concessionária, caso contrário, considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária recebeu o vagão carregado. O destino é o local de descarga do vagão se este pertencer à malha desta Concessionária. Caso contrário,

considerar-se-á o local de intercâmbio onde a Concessionária entregou o vagão carregado.

- xv. Dv15 - "Número de carregamentos" - Informar a quantidade de carregamentos, no transporte remunerado, gerados na malha, por série ou tipo de vagão, no período.

d) Pm - Principais Mercadorias Transportadas.

Informar a lista de produtos transportados que representam um percentual significativo de produção global na malha, em TU.

- i. Pm1 - "TU" - Informar o somatório da tonelage da mercadoria transportada dentro dos limites da malha ferroviária da Concessionária, tanto aquelas originadas na malha, como as recebidas por esta, provenientes de intercâmbio com outras malhas ou ferrovias estrangeiras. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos.
- ii. Pm2 - "TKU" - Informar o somatório da tonelage quilômetro útil da mercadoria no período, restrita à malha considerada.
- iii. Pm3 - "Receita Operacional Líquida (R\$ 103)" - Informar o somatório das parcelas da receita dos transportes da mercadoria em questão, relativa à parte que couber à Concessionária, já descontados impostos, abatimentos e deduções.

e) PF - Principais Produtos Transportados por Fluxos

Informar as mercadorias, dentre o universo de fluxos de transporte, que representam os dez (10) maiores resultados no faturamento (uma mercadoria em um fluxo), no período.

- i. Pf1 - "TU ou N.º de contêineres" - Informar o somatório da tonelage das mercadorias transportadas ou o número de contêineres dentro dos limites da malha da Concessionária, tanto os originados na malha como os recebidos por esta, provenientes de intercâmbio com outras malhas ou ferrovias estrangeiras. As operações de baldeio ou

transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos.

- ii. Pf2 - "TKU ou Contêiner.km" - Informar o somatório da tonelagem quilômetro útil da mercadoria ou contêineres.km no período, restrita à malha considerada.
- iii. Pf3 - "Receita Operacional Líquida (R\$ 103)" - Informar o somatório das parcelas da receita dos transportes da mercadoria em questão, relativa à parte que couber à Concessionária, já descontados impostos, abatimentos e deduções.

f) TM - Tráfego Mútuo

- i. Tm1 - "TKU - tráfego mútuo" - Informar, por malha de origem, o total de TKU de produção oriunda de tráfego mútuo (excluindo direito de passagem), gerada em malha de terceiros e apropriada pela Concessionária, no período.
- ii. Tm2 - "TKU - direito de passagem" - Informar, por malha de origem, o total de TKU somente de produção oriunda de direito de passagem, gerada em malha de terceiros e apropriada pela Concessionária, no período.

g) AC - Acidente de Trem de Carga

Convenciona-se como acidente toda ocorrência que, com a participação direta de veículo ferroviário, provoca dano a este, pessoas, veículos, instalações, ao meio ambiente e a animais. Com relação aos animais, desde que ocorra paralisação do tráfego.

- i. Ac1 - "Número de Acidentes" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade total de acidentes relativa à causa informada.
- ii. Ac2 - "Número de Acidentes Graves" - Informar o número total de acidentes com mortes ou lesões graves, interrupção da circulação, prejuízo elevado, impactos ao meio ambiente e/ou impactos à comunidade por tipo de ocorrência.
- iii. Ac3 - "Número de Acidentes com Vítimas" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com morte ou lesões graves.

- iv. Ac4 - "Número de Vítimas" - Informar o número de vítimas por tipo de ocorrência.
- v. Ac5 - "Número de Acidentes com Danos ao Meio Ambiente" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com impacto ao meio ambiente.
- vi. Ac6 - "Número de Acidentes com Danos à Comunidade" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com danos à comunidade.
- vii. Ac7 - "Número de Acidentes com Interrupção da Circulação" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com interrupção da circulação:
  - a. no serviço de transporte de passageiro de longo percurso: maior ou igual a 12 (doze) horas;
  - b. no serviço de transporte de carga em linhas compartilhadas com o serviço de transporte urbano (maior ou igual a duas horas), em linhas tronco ou principais (maior ou igual a vinte e quatro horas) e em linhas secundárias ou ramais (maior ou igual a quarenta e oito horas).
- viii. Ac8 - "Número de Acidentes com Prejuízo Elevado" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com prejuízo igual ou superior a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais). Este valor sofrerá reajuste, a ser aprovado pela ANTT, pela variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas e, no caso de sua extinção, pelo índice oficial que o Governo Federal vier a indicar.

h) QP - Efetivo de Pessoal

- i. Qp1 - "Número de Empregados por Lotação" - Informar o efetivo total de empregados por área de atuação e por tipo de vínculo empregatício com a Concessionária: "próprios" para os empregados com vínculo empregatício com a Concessionária no último dia do mês em análise, ou "terceirizados" para os trabalhadores de empresas contratadas para a prestação de serviços, nas instalações da Concessionária.

i) DP - Desempenho de Trem de Passageiro

- i. Dp1 - "Estação de origem" - Informar o prefixo da estação de origem do trem em um determinado fluxo.
- ii. Dp2 - "Estação de destino" - Informar o prefixo da estação de destino do trem em um determinado fluxo.
- iii. Dp3 - "Número de trens formados" - Informar a contagem, por par origem-destino informado, dos trens de passageiros formados na malha da Concessionária no período.
- iv. Dp4 - "Distância total percorrida" - Informar a quilometragem, no par origem-destino informado, percorrida pelos trens de passageiros formados na malha da Concessionária no período.
- v. Dp5 - "Número de passageiro.km" - Informar o somatório do passageiro.kilômetro transportado em trens de passageiros na malha da Concessionária, embarcados dentro ou fora de seus limites, no período.
- vi. Dp6 - "Número de passageiros transportados" - Informar o número de passageiros transportados na malha da Concessionária, embarcados dentro ou fora de seus limites, no período.
- vii. Dp7 - "Número médio de carros de passageiros" - Informar o número médio de carros de passageiros utilizados nos trens, no par origem-destino, na malha da Concessionária, no período.

j) PP - Programação de Trem de Passageiro

Essa tabela deverá ser preenchida em duas situações especiais. Na primeira vez que for utilizada, cadastrar toda programação de trens, vigente em 31/08/1999 e, quando ocorrer modificação na programação de trens, informar somente as inclusões ou alterações.

- i. Pp1 - "Prefixo da estação de origem" - Informar o prefixo da estação de origem do trem.
- ii. Pp2 - "Prefixo da estação de destino" - Informar o prefixo da estação de destino do trem.

- iii. Pp3 - "Prefixo da estação de parada" - Informar o prefixo da estação intermediária no percurso do trem.
- iv. Pp4 - "Horário de chegada (hh:mm)" - Informar o horário de chegada do trem na estação de destino.
- v. Pp5 - "Horário de partida (hh:mm)" - Informar o horário de partida do trem da estação de origem.
- vi. Pp6 - "Tarifa do Percurso (R\$)" - Informar o valor da tarifa, incluindo centavos, relativo ao trecho origem-destino considerado.
- vii. Pp7 - "Frequência" - Informar os dias da semana e quantitativos de trens em circulação no percurso considerado.

k) AP - Acidente de Trem de Passageiro

Convenciona-se como acidente toda ocorrência que, com a participação direta de veículo ferroviário, provoca dano a este, pessoas, veículos, instalações, ao meio ambiente e a animais, estes, desde que ocorra paralisação do tráfego.

- i. Ap1 - "Número de Acidentes" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade total de acidentes relativa à causa informada.
- ii. Ap2 - "Número de Acidentes Graves" - Informar o número total de acidentes com mortes ou lesões graves, interrupção da circulação, prejuízo elevado, impactos ao meio ambiente e/ou impactos à comunidade por tipo de ocorrência.
- iii. Ap3 - "Número de Acidentes com Vítimas" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com morte ou lesões graves.
- iv. Ap4 - "Número de Vítimas" - Informar o número de vítimas por tipo de ocorrência.
- v. Ap5 - "Número de Acidentes com Danos ao Meio Ambiente" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com impacto ao meio ambiente.
- vi. Ap6 - "Número de Acidentes com Danos à Comunidade" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com danos à comunidade.

- vii. Ap7 - "Número de Acidentes com Interrupção da Circulação" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com interrupção da circulação:
- a. no serviço de transporte de passageiro de longo percurso: maior ou igual a 12 (doze) horas;
  - b. no serviço de transporte de carga em linhas compartilhadas com o serviço de transporte urbano maior ou igual a duas horas, em linhas tronco ou principais maior ou igual a vinte e quatro horas e em linhas secundárias ou ramais maior ou igual a quarenta e oito horas.
- viii. Ap8 - "Número de Acidentes com Prejuízo Elevado" - Informar, por tipo de ocorrência, a quantidade de acidentes com prejuízo igual ou superior a R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais). Este valor sofrerá reajuste, a ser aprovado pela ANTT, pela variação do IGP-DI, da Fundação Getúlio Vargas, e no caso de sua extinção, pelo índice oficial que o Governo Federal vier a indicar.

Dado que este trabalho trata somente do transporte ferroviário de cargas, os indicadores para trens de passageiros foram citados somente para deixar completa a lista dos indicadores controlados pela ANTT.

Dentre os indicadores de produtividade controlados pela ANTT, destacam-se como os mais relevantes a TKU e o Índice de Acidentes. Estes dois indicadores são citados nos contratos de concessão e são tomados como metas a serem atingidas, dado um valor limite estipulado nos próprios. O TKU e o Índice de Acidentes são definidos da seguinte forma:

- TKU - Tonelada Quilômetro Útil: somatório do produto da tonelage transportada pela distância operacional percorrida entre eventos de partida e chegada. O TKU é o indicador controlado através de metas anuais pela ANTT, sujeito a penalidades pelo seu não cumprimento, conforme resolução Nº 44, de 2002.
- Índice de Acidentes: É a relação entre o número de acidentes registrado no período e a quantidade de milhão de trem x quilômetro. Indica, de forma

relacionada, a ocorrência de acidentes em função da intensidade do tráfego. O Índice de Acidentes também é controlado através de metas anuais pela ANTT, sujeito a penalidades pelo seu não cumprimento, conforme resolução N° 44, de 2002.

#### **4.2.2. Itens de investimentos**

Na mesma resolução N° 44 de 04 de julho de 2002 que instituiu o SIADE, a ANTT estabelece a responsabilidade, por parte das concessionárias, em informar os totais dispendidos nos meses relativos aos investimentos detalhados em projetos e discriminados nos Planos Trienais de Investimentos, conforme estabelecido no Título X desta Resolução e assim relacionados:

- Material Rodante: (vagão, locomotiva e outros veículos ferroviários);
- Telecomunicações;
- Sinalização;
- Infra - Estrutura;
- Oficinas;
- Capacitação de Pessoal;
- Outros.

E também, informar os totais dispendidos nos meses relativos a outros investimentos, conforme os itens abaixo:

- Superestrutura da Via Permanente;
- Veículos Rodoviários;
- Outros.

#### **4.3. Seleção dos indicadores de produção e itens de investimento**

Conforme já citado anteriormente, os indicadores TKU e Índice de Acidentes – IA são controlados pela ANTT. Merecem especial atenção neste trabalho porque os esforços para atingir as metas estipuladas nos Planos Trienais resultam em melhorias técnicas e operacionais. Estas melhorias são alcançadas através do aumento da tonelagem transportada e redução do IA, que, por sua vez, são frutos de

investimentos para aumentar a capacidade da via, mantendo a devida segurança operacional, ou aumentando-a.

Para os demais indicadores de produtividade, foi escolhido o Consumo de Combustível – CCOMB. Conforme verificado nos gráficos de algumas concessionárias, mesmo com aumento da produção em TU e TKU, ocorreu a redução do CCOMB, já que a experiência ferroviária revela que o investimento em treinamento e capacitação pessoal influencia diretamente neste indicador e no TU, a variável que representa o volume de carga transportada e está intimamente ligada ao material rodante e a via, sem levar em consideração a distância transportada. Os indicadores TU e CCOMB são assim descritos por Branco (2006).

- TU – Tonelada Útil: somatório da tonelage transportada dentro dos limites da malha ferroviária da Concessionária, tanto aquelas originadas na malha, como as recebidas por esta, provenientes de intercâmbio com outras malhas ou ferrovias estrangeiras. As operações de baldeio ou transbordo dentro de um mesmo fluxo de transporte não podem ser consideradas como novos carregamentos.
- CCOMB – Consumo de combustível: Quantidade de combustível consumido pela frota de locomotivas diesel-elétricas para o desempenho de suas operações de transporte, de manobra e de serviço. Dado pela relação entre os litros de diesel consumido e a TKU medidos no período.

Quanto aos itens de investimento, foram selecionados investimentos em Material Rodante – MR (que representa investimentos em locomotivas e vagões), investimentos em Via Férrea – VF (que representa investimentos em infra e superestrutura da via permanente), investimentos em Telecomunicação e Sinalização – TS (que representa investimentos em telecomunicação e sinalização).

Como descrito anteriormente, o atendimento ao aumento da demanda de carga de uma ferrovia pode ser absorvido pela estrutura existente até um dado limite. A partir deste limite, o investimento em veículos ferroviários e via férrea tem papel essencial para dar vazão ao aumento da demanda de transporte e o investimento em telecomunicação e sinalização tem o dever de permitir o acréscimo da capacidade

de transporte com acréscimo da segurança operacional, mesmo que a princípio este seja mantido.

Solomon (2001) ressalta que a via férrea, um componente fundamental da ferrovia, é projetada para guiar os veículos, absorver e distribuir completamente o carregamento causado pelo tráfego ferroviário, promover a drenagem adequada e, ainda, oferecer uma superfície de rolamento ausente de irregularidades. Cada componente da estrutura da via transfere e distribui o peso do trem, iniciando no contato roda-trilho, passando por trilhos, dormentes, lastro, sub-lastro até atingir o sub-leito. Qualquer falha, em apenas um destes componentes, resulta em colapso da estrutura da pista. Linhas tronco muito solicitadas exigem, por exemplo, trilhos mais robustos, de maior peso por metro do que linhas menos solicitadas quanto ao tráfego ferroviário. A eliminação de emendas reduz a manutenção e produz um caminho mais liso, minimizando o desgaste das rodas, de outros equipamentos e da própria via. Ganha-se com isso, menor tempo de manutenção e, conseqüentemente, aumento da taxa de utilização dos veículos ferroviários – gerando aumento da produtividades.

Solomon (2001) ressalta que a manutenção do lastro das ferrovias em boas condições é de fundamental importância para manter uma via com estrutura consistente e com boa drenagem. Esta consistente estrutura e a boa drenagem é dada devido a propriedade drenante do lastro e valetas laterais da pista. Falhas na manutenção do lastro resultarão numa deterioração gradual do leito estradal e, subseqüentemente, deterioração da via. Isto pode levar a sérios problemas e resultar em redução da velocidade de segurança e aumento da probabilidade de descarrilamentos. Segundo Solomon (2001), quando a administração de uma ferrovia é rígida com as despesas, cortar recursos para a manutenção é uma maneira fácil de evitar tais despesas, como por exemplo, projetos de renovação do lastro.

Ainda quanto ao investimento em vias, Solomon (2001) relata que a manutenção por esmerilhamento de trilhos é um sério negócio, pois trilhos corretamente perfilados podem economizar recursos por promover acréscimo da vida útil dos trilhos e reduzir desgaste de outros componentes da via. O esmerilhamento reabilita linhas ao tráfego e, particularmente, em curvas, é especialmente importante.

Para os investimentos em Telecomunicação e Sinalização, a sua avaliação torna-se importante, porque uma via bem sinalizada promove produtividade e segurança. Segundo Solomon (2003), o circuito de via é um componente fundamental para a maioria dos sistemas de sinalização das ferrovias norte-americanas. Este é a chave para a operação de sinais de bloqueio automático (ABS – Automatic Block Signals), controle centralizado de tráfego (CTC – centralized Traffic Control), sinais de cabine e muitas formas de controles automáticos de trens, bem como as sinalizações para passagens em nível. O circuito de via também pode ser aplicado interligando redes e controles de bloqueio manuais, para promover um elevado nível de segurança e aumento da capacidade da via férrea.

Os sinais de bloqueio automático oferecem grande proteção quando comparados ao sistema de proteção por tempo e, também, pode ser usado para aumentar a capacidade da via e, mesmo assim, manter um alto nível de segurança. O controle centralizado de tráfego promove duas distintas funções, proteção segura e controle de trens, devido ao resultado da mistura dos sistemas de bloqueio e sistema de sinais de bloqueio automático, podendo ser utilizado para aumentar a velocidade dos trens e aumentar a capacidade da via (SOLOMON, 2003).

A avaliação dos dados fornecidos pela ANTT, em seus relatórios de acompanhamento, revela que os investimentos em Material Rodante e Via Permanente representam, em média, 80 % dos investimentos totais realizados pelas ferrovias nos anos de 1997 a 2004. Os investimentos em Telecomunicação e Sinalização representam 7% e os investimentos em Capacitação Pessoal 2%, todos para o mesmo período já citado.

Para o investimento em Capacitação Pessoal, foi verificada ausência de informações nos dados disponibilizados pela ANTT, acarretando perda de confiabilidade nos dados. Tal fato levou a não verificação do item de investimento Capacitação Pessoal neste estudo.

Devido à importância de cada item de investimento e dos indicadores de produtividade de uma ferrovia, a Tabela 4 mostra quais serão utilizados neste trabalho.

**Tabela 4 – Relação de indicadores de produtividade e itens de investimentos selecionados para aplicação no DEA.**

<b>INDICADORES DE PRODUTIVIDADE</b>	<b>ITENS DE INVESTIMENTOS</b>
TKU TU Consumo de combustíveis Índice de acidentes	Material Rodante (Locomotivas e Vagões) Via Permanente (Supra e Infra-estrutura) Telecomunicação e Sinalização

## **5. Aplicação do DEA**

A técnica DEA, originalmente criado para avaliar a eficiência de escolas públicas norte-americanas, tem sua aplicação ampliada a diversas unidades produtivas, de diversos setores da economia, tais como saúde, educação, financeiro, engenharia (transportes) e outros, pois é crescente o interesse em avaliar a eficiência de unidades produtivas, sejam elas hospitais, escolas, bancos, empresas de transporte, etc.

Como apresentado no Capítulo 2, na área de transportes, a técnica DEA já foi aplicado a diversos estudos, na área marítima, aeronáutica, rodoviária e ferroviária. Também em outros casos que fogem ao foco deste trabalho, como por exemplo, a avaliação do desempenho de instituições financeiras.

### **5.1. Definição do modelo DEA para o caso analisado**

Com as variáveis já selecionadas e descritas no Capítulo 4, o próximo passo foi a definição do modelo DEA que melhor atendesse as necessidades de análise. Para aplicação do DEA aos dados disponíveis, foi utilizado o modelo BCC, ou VRS – Variable Return Scale (Retorno Variável de Escala). A escolha do modelo VRS ocorreu devido à heterogeneidade dos dados disponíveis e à existência de diferentes características entre as ferrovias. O modelo VRS permite comparar unidades de escalas extremamente diferentes. De acordo com Soares de Mello et al. (2003), neste caso, a escolha do modelo VRS evita que a divisão das ferrovias em grupos seja necessária, tal como para os aeroportos, como recomendado pela ICAO (Palhares, 2001).

Mesmo que a análise de DMU's tão heterogêneas fosse algo prejudicial ao modelo, não seria possível realizar uma avaliação categorizada por causa da quantidade de DMU's. São 09 (nove) DMU's, que exigem, no mínimo 03 (três) parâmetros de entrada no modelo, sejam eles a combinação de 02 (dois) insumos com 01 (um) produto ou 02 (dois) produtos com 01 (um) insumo.

Para a análise dos indicadores de produtividade TKU e TU, foi utilizado o modelo orientado a insumos, pois para estes dois indicadores de produtividade, a demanda

de transporte determina o nível de produção (medido em TKU e TU) e, portanto, deseja-se racionalizar os investimentos que melhor se relacionam com os devidos indicadores de produtividade.

O mesmo não ocorre para os indicadores de produtividade Consumo de Combustível e Índice de Acidentes. Para estes, deseja-se que todo o investimento realizado seja refletido da melhor forma possível no resultado do indicador. Para este caso, a orientação a produto parecia a melhor opção. Entretanto, nesta situação, o modelo poderia sugerir valores para estes indicadores de produtividade piores do que aqueles já alcançados, podendo até sugerir valores abaixo das metas estipuladas pela ANTT.

Portanto, o modelo escolhido para verificação do comportamento dos investimentos realizados face aos indicadores de produtividade foi o VRS orientado a insumo, para ambos os casos.

## 5.2. Dados existentes sobre as variáveis selecionadas

Os dados disponibilizados pela ANTT estão apresentados nas tabelas que seguem, separados para cada ferrovia analisada, e foram obtidos a partir dos relatórios anuais de concessão, com valores em Reais, apontados no ano de totalização do montante investido.

**Tabela 5 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia América Latina Logística – ALL.**

ALL - América Latina Logística					
Ano	Material Rodante		Telesin	Via Permanente	
	Locomotiva	Vagão		Infraestrutura	Superestrutura
1999	61.349,00	5.437,00	1.378,00	1.678,00	17.027,00
2000	44.541,00	10.398,00	267,00	936,00	18.929,00
2001	28.290,00	8.165,00	750,00	814,00	21.788,00
2002	24.271,00	9.572,00	283,00	1.222,00	15.834,00
2003	26.763,00	10.258,00	433,00	1.434,00	24.329,00
2004	24.487,00	15.549,00	509,00	1.650,00	31.930,00

**Tabela 6 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN.**

<b>CFN - Companhia Ferroviária do Nordeste</b>					
<b>Ano</b>	<b>Material Rodante</b>		<b>Telesin</b>	<b>Via Permanente</b>	
	<b>Locomotiva</b>	<b>Vagão</b>		<b>Infraestrutura</b>	<b>Superestrutura</b>
1999	0,00	0,00	437,00	4.074,00	3.300,00
2000	0,00	1.558,00	0,00	5.869,00	0,00
2001	851,00	131,00	57,00	6.445,00	1.880,00
2002	3.680,00	971,00	15,00	0,00	3.982,00
2003	5.605,00	2.265,00	126,00	0,00	6.991,00
2004	6.042,00	2.749,00	42,00	0,00	12.619,00

**Tabela 7 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Estrada de Ferro Carajás – EFC.**

<b>EFC - Estrada de Ferro Carajás</b>					
<b>Ano</b>	<b>Material Rodante</b>		<b>Telesin</b>	<b>Via Permanente</b>	
	<b>Locomotiva</b>	<b>Vagão</b>		<b>Infraestrutura</b>	<b>Superestrutura</b>
1999	14.771,00	2.358,00	10.699,00	483,00	437,00
2000	19.590,00	31.041,00	14.807,00	3.260,00	518,00
2001	8.524,00	24.287,00	14.177,00	14.737,00	105.068,00
2002	12.243,00	9.767,00	21.738,00	4.174,00	21.577,00
2003	6.537,00	55.704,00	28.563,00	10.181,00	27.518,00
2004	3.111,00	275.289,00	20.487,00	1.055,00	44.213,00

**Tabela 8 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia Estrada de Ferro Vitória à Minas – EFVM.**

<b>EFVM - Estrada de Ferro Vitória à Minas</b>					
<b>Ano</b>	<b>Material Rodante</b>		<b>Telesin</b>	<b>Via Permanente</b>	
	<b>Locomotiva</b>	<b>Vagão</b>		<b>Infraestrutura</b>	<b>Superestrutura</b>
1999	3.498,00	3.637,00	4.806,00	23.051,00	2.866,00
2000	71.199,00	6.591,00	8.545,00	7.636,00	5.381,00
2001	41.091,00	6.616,00	17.842,00	4.650,00	23.103,00
2002	80.184,00	4.703,00	18.328,00	6.557,00	26.884,00
2003	153.324,00	227.357,00	27.319,00	21.381,00	29.452,00
2004	185.968,00	199.494,00	4.755,00	44.964,00	46.448,00

**Tabela 9 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Centro Atlântica – FCA.**

<b>FCA - Ferrovia Centro Atlântica</b>					
<b>Ano</b>	<b>Material Rodante</b>		<b>Telesin</b>	<b>Via Permanente</b>	
	<b>Locomotiva</b>	<b>Vagão</b>		<b>Infraestrutura</b>	<b>Superestrutura</b>
1999	26.088,00	3.623,00	172,00	1.819,00	15.634,00
2000	18.758,00	8.628,00	1.468,00	2.157,00	54.397,00
2001	47.323,00	12.905,00	2.014,00	3.647,00	72.463,00
2002	21.166,00	11.343,00	3.021,00	3.794,00	39.755,00
2003	5.810,00	5.067,00	4.972,00	598,00	79.271,00
2004	46.581,00	196.495,00	6.999,00	14.147,00	170.767,00

Tabela 10 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Bandeirantes – FERROBAN.

FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes					
Ano	Material Rodante		Telesin	Via Permanente	
	Locomotiva	Vagão		Infraestrutura	Superestrutura
2000	12.901,00	1.974,00	3.247,00	1.106,00	10.429,00
2001	17.223,00	19.927,00	884,00	51,00	53.982,00
2002	3.727,00	4.821,00	1.139,00	1.791,00	16.864,00
2003	155,00	1.072,00	-124,00	218,00	4.436,00
2004	6.602,00	11.550,00	14,00	6.177,00	7.113,00

Tabela 11 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a Ferrovia Tereza Cristina – FTC.

FTC - Ferrovia Tereza Cristina					
Ano	Material Rodante		Telesin	Via Permanente	
	Locomotiva	Vagão		Infraestrutura	Superestrutura
1999	152,00	38,00	27,00	10,00	942,00
2000	0,00	81,00	44,00	27,00	922,00
2001	0,00	0,00	36,00	37,00	1.004,00
2002	0,00	26,00	89,00	55,00	2.051,00
2003	109,00	1.510,00	21,00	37,00	1.880,00
2004	337,00	549,00	133,00	0,00	2.090,00

Tabela 12 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia MRS.

MRS - MRS Logística					
Ano	Material Rodante		Telesin	Via Permanente	
	Locomotiva	Vagão		Infraestrutura	Superestrutura
1999	6.349,00	23.200,00	2.100,00	6.609,00	20.975,00
2000	33.448,00	31.107,00	3.487,00	6.774,00	3.011,00
2001	14.484,00	11.538,00	3.926,00	12.819,00	23.909,00
2002	11.019,00	11.343,00	4.540,00	6.550,00	8.474,00
2003	30.927,00	34.765,00	4.664,00	26.919,00	6.498,00
2004	82.151,00	102.072,00	5.940,00	11.186,00	49.042,00

Tabela 13 – Itens de investimento e respectivos valores investidos para cada ano para a ferrovia NOVOESTE.

FERROVIA NOVOESTE					
Ano	Material Rodante		Telesin	Via Permanente	
	Locomotiva	Vagão		Infraestrutura	Superestrutura
1999	3.903,00	111,00	178,00	150,00	2.746,00
2000	1.817,00	1.277,00	229,00	42,00	2.775,00
2001	2.904,00	1.098,00	32,00	50,00	4.519,00
2002	1.738,00	708,00	2,00	0,00	4.652,00
2003	200,00	125,00	2,00	0,00	3.225,00
2004	1.058,00	583,00	79,00	616,00	8.937,00

As tabelas anteriormente apresentadas são resultado de uma seleção realizada para tornar possível a aplicação do modelo DEA aos dados disponíveis. Foram selecionadas somente as ferrovias cujos dados estavam completos, ou quase. Em alguns casos como a Ferroeste e Ferronorte, seria impossível utilizá-las como DMU, pois não havia dados nas tabelas disponibilizadas pela ANTT, os dados estavam iguais a 0 (zero) para muitos itens de investimento, ao longo de alguns anos.

Para aplicação do modelo, foram somados os investimentos em Locomotivas e Vagões para formar o item de investimento em material rodante, denominado VEIC. Também foram somados os investimentos em Infraestrutura e Superestrutura para formar o item de investimento denominado VIA. Partiu-se do raciocínio de que um trem é formado de locomotivas e vagões e que, portanto, os investimentos devem acontecer para um e para outro. O mesmo raciocínio pode ser utilizado para avaliação dos investimentos em via permanente, que engloba investimentos em infra e superestrutura, melhorando a via para suportar um tráfego mais intenso e/ou maiores cargas por eixo.

Também para os investimentos em Locomotivas e Vagões, foi realizado um teste de correlação, que revelou que as variáveis locomotivas e vagões são correlacionadas.

A agregação destes itens também se fez necessária para eliminar os investimentos com valor zero que prejudicaria a aplicação do DEA.

As tabelas a seguir mostram os dados disponibilizados pela ANTT e os indicadores de produtividade escolhidos para a análise combinada com os itens de investimento hora apresentados.

**Tabela 14 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia América Latina Logística – ALL.**

ALL - América Latina Logística						
Ano	CCOMB	CCOMB <sup>-1</sup> x 1.000	IA	IA <sup>-1</sup> x 1.000	TKU	TU
1999	141,99	7,04	518,40	1,93	9.604,40	16.791,10
2000	142,81	7,00	474,00	2,11	10.284,80	17.510,90
2001	133,14	7,51	493,10	2,03	11.997,80	17.973,80
2002	126,55	7,90	283,60	3,53	12.830,30	18.572,70
2003	121,90	8,20	226,20	4,42	13.850,00	19.556,00
2004	118,80	8,42	183,70	5,44	14.175,00	20.088,00

**Tabela 15 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Companhia Ferroviária do Nordeste – CFN.**

<b>CFN - Companhia Ferroviária do Nordeste</b>						
<b>Ano</b>	<b>CCOMB</b>	<b>CCOMB<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>IA</b>	<b>IA<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>TKU</b>	<b>TU</b>
1999	181,61	5,51	518,40	1,93	918,80	1.717,10
2000	187,54	5,33	279,59	3,58	711,20	1.370,30
2001	180,88	5,53	262,08	3,82	699,90	1.188,00
2002	172,52	5,80	288,95	3,46	756,70	1.248,70
2003	174,18	5,74	308,34	3,24	790,00	1.264,00
2004	178,00	5,62	349,43	2,86	848,00	1.261,00

**Tabela 16 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Estrada de Ferro Carajás – EFC.**

<b>EFC - Estrada de Ferro Carajás</b>						
<b>Ano</b>	<b>CCOMB</b>	<b>CCOMB<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>IA</b>	<b>IA<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>TKU</b>	<b>TU</b>
1999	27,79	35,98	545,20	1,83	40.023,00	47.099,00
2000	27,41	36,48	587,50	1,70	44.094,00	51.905,00
2001	28,16	35,51	112,80	8,87	48.023,30	57.251,30
2002	26,12	38,28	154,50	6,47	49.074,50	58.905,60
2003	23,20	43,10	72,00	13,89	52.411,00	63.259,00
2004	24,90	40,16	70,70	14,14	63.622,00	74.268,00

**Tabela 17 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Estrada de Ferro Vitória à Minas – EFVM.**

<b>EFVM - Estrada de Ferro Vitória à Minas</b>						
<b>Ano</b>	<b>CCOMB</b>	<b>CCOMB<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>IA</b>	<b>IA<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>TKU</b>	<b>TU</b>
1999	42,04	23,79	483,10	2,07	52.669,00	100.014,00
2000	42,45	23,56	492,90	2,03	56.672,00	110.510,00
2001	42,25	23,67	289,70	3,45	54.412,50	108.705,90
2002	40,10	24,94	297,70	3,36	57.079,80	113.578,70
2003	40,10	24,94	180,10	5,55	60.757,00	118.512,00
2004	39,40	25,38	115,50	8,66	64.773,00	126.069,00

**Tabela 18 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Centro Atlântica – FCA.**

<b>FCA - Ferrovia Centro Atlântica</b>						
<b>Ano</b>	<b>CCOMB</b>	<b>CCOMB<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>IA</b>	<b>IA<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>TKU</b>	<b>TU</b>
1999	167,01	5,99	1.083,60	0,92	7.429,40	18.288,10
2000	167,89	5,96	1.104,90	0,91	7.629,00	19.608,30
2001	171,73	5,82	987,30	1,01	8.143,10	21.158,80
2002	190,82	5,24	928,80	1,08	8.608,00	21.978,50
2003	189,40	5,28	799,80	1,25	7.477,00	21.598,00
2004	196,70	5,08	519,60	1,92	9.523,00	25.384,00

**Tabela 19 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Bandeirantes – FERROBAN.**

<b>FERROBAN - Ferrovia Bandeirantes</b>						
<b>Ano</b>	<b>CCOMB</b>	<b>CCOMB<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>IA</b>	<b>IA<sup>-1</sup> x 1.000</b>	<b>TKU</b>	<b>TU</b>
1999	153,72	6,51	1.682,40	0,59	5.013,60	14.736,00
2000	135,38	7,39	826,10	1,21	5.984,60	14.945,60
2001	90,30	11,07	764,40	1,31	8.276,80	20.322,00
2002	45,47	21,99	576,00	1,74	8.308,30	20.658,80
2003	20,45	48,90	329,80	3,03	9.221,00	23.411,00
2004	23,90	41,84	396,00	2,53	9.473,00	20.545,00

Tabela 20 – Indicadores de produtividade obtidos pela Ferrovia Tereza Cristina – FTC.

FTC - Ferrovia Tereza Cristina						
Ano	CCOMB	CCOMB <sup>-1</sup> x 1.000	IA	IA <sup>-1</sup> x 1.000	TKU	TU
1999	95,62	10,46	275,10	3,64	166,30	2.197,80
2000	97,65	10,24	278,60	3,59	282,90	3.649,60
2001	99,86	10,01	147,40	6,78	214,40	2.788,90
2002	94,24	10,61	158,20	6,32	191,30	2.496,00
2003	84,30	11,86	139,30	7,18	152,00	2.302,00
2004	96,00	10,42	157,20	6,36	169,00	2.459,00

Tabela 21 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia MRS.

MRS - MRS Logística						
Ano	CCOMB	CCOMB <sup>-1</sup> x 1.000	IA	IA <sup>-1</sup> x 1.000	TKU	TU
1999	79,33	12,61	562,90	1,78	22.212,00	55.050,00
2000	74,43	13,44	408,20	2,45	26.836,90	66.072,10
2001	72,82	13,73	318,20	3,14	27.369,80	68.581,10
2002	72,26	13,84	303,30	3,30	29.431,10	74.787,80
2003	70,00	14,29	272,20	3,67	34.515,00	86.178,00
2004	69,40	14,41	188,20	5,31	39.355,00	97.952,00

Tabela 22 – Indicadores de produtividade obtidos pela ferrovia Novoeste.

FERROVIA NOVOESTE						
Ano	CCOMB	CCOMB <sup>-1</sup> x 1.000	IA	IA <sup>-1</sup> x 1.000	TKU	TU
1999	121,07	8,26	1.972,20	0,51	1.625,90	2.721,10
2000	119,41	8,37	2.249,90	0,44	1.589,00	2.662,60
2001	121,90	8,20	1.807,20	0,55	1.465,20	2.500,30
2002	79,08	12,65	1.491,90	0,67	1.707,50	2.464,80
2003	158,39	6,31	1.837,00	0,54	1.232,00	2.229,00
2004	166,20	6,02	2.223,30	0,45	1.191,00	2.709,00

Como pode ser observado nas tabelas acima apresentadas, foram inseridas duas colunas, uma para o indicador do consumo de combustíveis (CCOMB) e outra para o indicador índice de acidentes (IA), ambas com o inverso do real valor obtido como resultado da operação ferroviária. Os modelos DEA foram calculados com os inversos dos valores reais obtidos pela operação, pois caso contrário, o modelo DEA interpretaria os maiores valores para consumo de combustível como resultado favorável frente aos investimentos realizados e classificaria os menores valores de consumo nas posições mais baixas da classificação. Entretanto, o que ocorre, na verdade, é justamente o inverso, ou seja, quanto maiores os investimentos para melhoria do consumo de combustível, menor será o consumo.

Durante a revisão bibliográfica, foram encontrados diversos softwares aplicados ao DEA, dentre eles, destacam-se o **EMS 1.3** (*Efficiency Measurement System*), o **Frontier Analyst**, o sistema **DEA-Solver** e outros. Foi também encontrado o

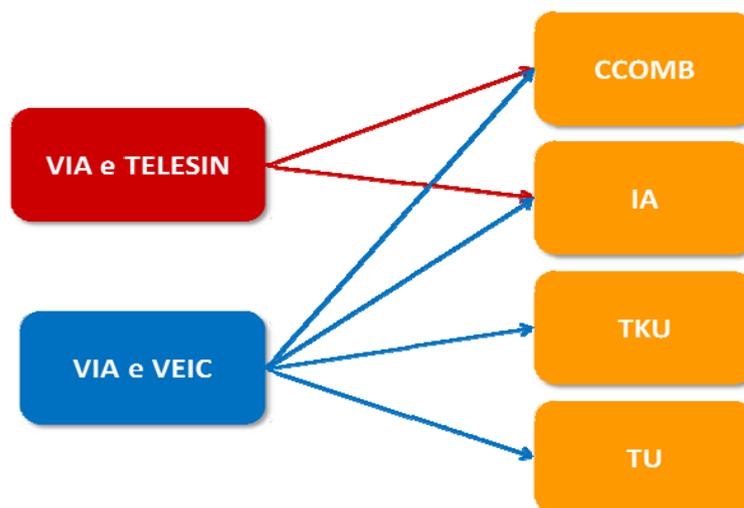
software SIAD v .2.0 (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), desenvolvido por professores da UFF. O SIAD mostrou-se confiável e de fácil operação, sendo este escolhido para o cálculo do DEA.

O software DEA-SIAD trabalha com modelos de retornos constantes (CCR) e variáveis (BCC) à escala, utilizando os sistemas de avaliação radial e não radial. Adotou-se o sistema de avaliação radial padrão e com restrições aos pesos, retornos de escala variáveis e orientação a produto. O software SIAD também informa o valor do intercepto do hiperplano suportante  $u_0$ , sendo possível identificar a região de retorno em que as DMU's estão trabalhando. Os retornos de escala são classificados em três tipos: retornos constantes (*CRS*), crescentes (*IRS*) ou decrescentes (*DRS*) à escala e, com isto, informando se as DMU's devem aumentar ou reduzir suas aplicações nos itens de investimento para se tornarem eficientes.

### **5.3. Análise do DEA**

A aplicação da técnica DEA aos dados fornecidos pela ANTT consistiu de verificações dos resultados gerados a partir de restrições impostas ao modelo, avaliação dos resultados gerados a partir de diferentes agrupamentos das DMU's e avaliação dos resultados gerados pelo modelo utilizando diferença de 01 anos entre a aplicação dos Insumos (itens de investimento) e apuração dos resultados (indicadores de produtividade).

Para o primeiro caso, restrição ao modelo, foi realizada uma análise chamada teste piloto, que buscou investigar que influência a restrição aos pesos teve sobre os resultados. Neste caso, foi conveniente, portanto, a realização do estudo com um número reduzido de Insumos (Itens de Investimento) e Produtos (Indicadores de Produtividade) pois, buscou-se uma informação que determinou a utilização, ou não, da restrição aos pesos para a análise de todos os dados disponíveis – análise total. A figura 4 mostra a quantidade de Insumos e Produtos utilizados para a elaboração da análise piloto.



**Figura 4 - Ilustração das análises piloto que foram geradas.**

Nesta primeira análise, também foram eliminados os valores iguais a 0 (zero), tanto para os insumos quanto para os produtos, e em seus lugares foram arbitrados valores iguais a 1 (um). A medida correta a ser tomada, neste caso, seria a eliminação da DMU com valor 0 (zero), entretanto, eliminando-se qualquer DMU, resultaria numa quantidade prejudicial de DMU's para o modelo, teríamos 08 (oito) no lugar de 09 (nove).

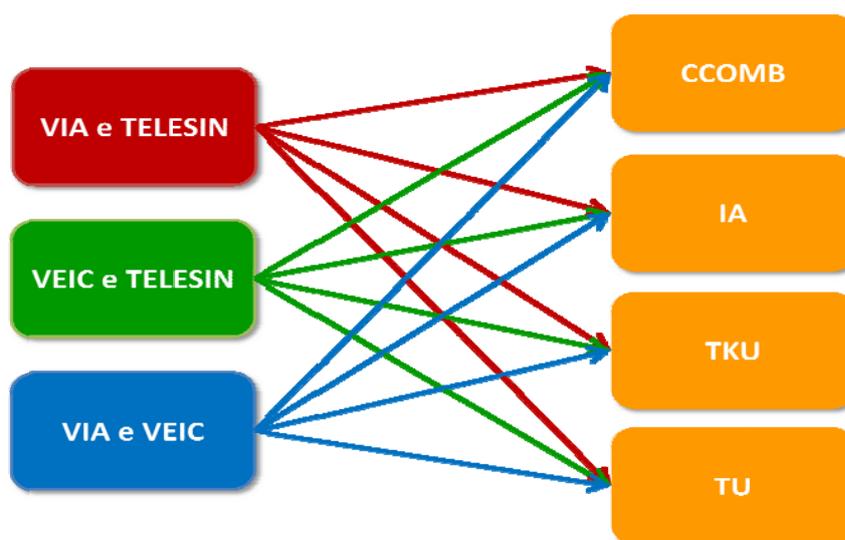
Para a primeira análise, análise piloto, dos dados e investigação da influência do critério de restrição do modelo por meio da utilização dos pesos máximos e mínimos gerados para as variáveis insumo, foi realizada a avaliação dos dados sem a aplicação de qualquer restrição para possibilitar a criação dos parâmetros de restrição máximos e mínimos.

Uma vez verificada a influência da restrição aos pesos no resultado obtido, foi realizada a análise englobando todos os Insumos e Produtos selecionados neste trabalho. A análise envolvendo todos os Insumos e Produtos, hora mencionados, foi dividida da seguinte maneira:

- a) Verificação dos resultados sem diferenciação entre a data de investimento e data de apuração dos resultados de produtividade
  - i. DMU's agrupadas por ano, totalizando 06 grupos (1999 a 2004);
  - ii. DMU's agrupadas num único grupo;

- b) Verificação dos resultados com diferenciação de 01 ano entre a data de investimento e data de apuração dos resultados de produtividade.
- i. DMU's agrupadas por ano, totalizando 05 grupos (2000 a 2004);
  - ii. DMU's agrupadas num único grupo;

A figura 5 ilustra as investigações realizadas, relacionando os insumos – itens de investimento com os produtos – indicadores de produtividade.



**Figura 5 - Ilustração das análises completas que foram geradas.**

A seguir, são apresentados os resultados e comentários para as análises a partir dos dados disponibilizados pela ANTT. Devido a grande extensão das tabelas e cálculos, os estudos foram apresentados em tópicos separados conforme segue:

- a) Itens 5.3.1. e 5.3.2. – Análise Piloto, investigação da influência da restrição por pesos;
- b) Itens 5.3.3. e 5.3.4. – Análise Total, investigação da influência dos diferentes agrupamentos das DMU's sem considerar diferenciação entre aos de aplicação dos investimentos e apuração dos resultados operacionais;
- c) Itens 5.3.5. e 5.3.6. – Análise Total, investigação da influência dos diferentes agrupamentos das DMU's considerando diferenciação de 01 ano entre aos de aplicação dos investimentos e apuração dos resultados operacionais;

### 5.3.1. Análise do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos

As tabelas de 23 a 28 apresentam os resultados obtidos pelo cálculo com o modelo DEA BCC sem a restrição aos pesos.

**Tabela 23 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	52,89%	IRS	53,00%	IRS	35,57%	IRS	6,27%	DRS	5,83%	IRS
efvm	88,22%	IRS	100,00%	IRS	48,46%	IRS	5,67%	DRS	8,12%	IRS
efc	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	11,21%	DRS	28,04%	IRS
all	11,87%	DRS	4,79%	DRS	18,00%	DRS	7,44%	DRS	17,93%	DRS
fca	2,67%	DRS	1,77%	DRS	4,84%	DRS	2,40%	DRS	1,73%	DRS
cfm	100,00%	CRS	56,14%	DRS	100,00%	DRS	27,42%	DRS	88,15%	DRS
ferroban	3,86%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
ftc	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
novoeste	33,69%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	85,99%	DRS

Analisando a Tabela 23, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) e para o indicador de produtividade CCOMB (produto), somente a CFM obteve índice de 100% e CRS para o ano de 2000. Para o ano de 2001, somente a FTC obteve 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2002, a FTC e NOVOESTE obtiveram 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2003, foi a vez da FERROBAN obter o índice de 100% e CRS e para o ano de 2004, foram FERROBAN e FTC que obtiveram índice de 100% e CRS.

**Tabela 24 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o IA.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	9,70%	DRS	2,83%	DRS	14,02%	DRS	5,74%	DRS	3,47%	DRS
efvm	7,29%	DRS	3,75%	DRS	6,30%	DRS	3,77%	DRS	100,00%	IRS
efc	25,12%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
all	11,87%	DRS	4,79%	DRS	18,00%	DRS	7,44%	DRS	18,35%	DRS
fca	2,67%	DRS	1,77%	DRS	4,84%	DRS	2,40%	DRS	1,73%	DRS
cfm	100,00%	CRS	57,81%	DRS	100,00%	CRS	27,42%	DRS	100,00%	DRS
ferroban	3,86%	DRS	15,40%	DRS	11,29%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS
ftc	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
novoeste	33,69%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	85,99%	DRS

Analisando a Tabela 24, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) e para o indicador de produtividade IA (produto), somente a CFM obteve índice de 100% e CRS para o ano de 2000. Para o

ano de 2001, somente a FTC obteve 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2002, a CFN voltou a apresentar 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2003, foi a vez da FERROBAN, juntamente com a FTC, obterem o índice de 100% e CRS e para o ano de 2004, somente a FTC que obteve índice de 100% e CRS.

**Tabela 25 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	13,22%	IRS	35,32%	IRS	32,39%	IRS	6,27%	DRS	5,83%	IRS
efvm	33,09%	IRS	100,00%	IRS	42,92%	IRS	5,67%	DRS	8,12%	IRS
efc	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	11,21%	DRS	28,04%	IRS
all	4,78%	DRS	4,61%	DRS	12,35%	DRS	7,44%	DRS	6,22%	DRS
fca	1,68%	DRS	1,37%	DRS	4,84%	DRS	3,91%	DRS	1,13%	DRS
cfm	16,17%	DRS	12,50%	DRS	52,89%	DRS	27,42%	DRS	16,56%	DRS
ferroban	1,76%	DRS	13,90%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
novoeste	33,69%	DRS	22,78%	DRS	82,74%	IRS	100,00%	DRS	53,99%	DRS

Analisando a Tabela 25, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade CCOMB (produto), somente a FTC obteve índice de 100% e CRS para os anos de 2000, 2001 e 2002. Para o ano de 2003, a FERROBAN obteve 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2004, novamente a FTC apresentou 100% de eficiência e CRS.

**Tabela 26 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o IA.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	9,70%	DRS	2,83%	DRS	14,02%	DRS	5,74%	DRS	3,47%	DRS
efvm	7,29%	DRS	3,75%	DRS	6,30%	DRS	3,77%	DRS	21,51%	IRS
efc	25,12%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
all	4,78%	DRS	4,61%	DRS	12,35%	DRS	7,44%	DRS	6,22%	DRS
fca	1,68%	DRS	1,37%	DRS	4,84%	DRS	4,26%	DRS	1,13%	DRS
cfm	16,17%	DRS	12,50%	DRS	52,89%	DRS	27,42%	DRS	16,56%	DRS
ferroban	1,76%	DRS	3,37%	DRS	11,29%	DRS	66,04%	DRS	15,73%	DRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
novoeste	33,69%	DRS	22,78%	DRS	45,27%	DRS	100,00%	DRS	53,99%	DRS

Analisando a Tabela 26, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade IA (produto), somente a FTC obteve índice de 100% e CRS para o ano de 2000 e 2001. Para o ano de 2002, nenhuma DMU apresentou resultado igual a 100% e CRS, neste ano, a EFC e FTC apresentaram eficiência igual a 100% e escalas IRS e DRS, respectivamente. Para os anos de 2003 e 2004, novamente a FTC apresentou resultado igual a 100% e escala CRS.

**Tabela 27 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o TKU.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	47,59%	IRS	85,50%	IRS	100,00%	DRS	71,84%	IRS	87,62%	IRS
efvm	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
efc	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS
all	21,15%	IRS	30,30%	DRS	45,09%	DRS	31,81%	IRS	100,00%	IRS
fca	31,25%	IRS	11,03%	IRS	13,96%	DRS	9,47%	DRS	7,56%	IRS
cfm	36,92%	IRS	34,03%	IRS	59,16%	DRS	30,18%	DRS	24,13%	DRS
ferroban	17,93%	IRS	33,41%	IRS	43,01%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
novoeste	51,33%	IRS	36,28%	DRS	59,67%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS

Analisando a Tabela 27, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade TKU (produto), a EFC e a FTC obtiveram índice de 100% e CRS para o ano de 2000. No ano de 2001, a EFVM tomou o lugar da EFC e, ao lado da FTC, obtiveram índice de 100% e CRS. No ano de 2002 somente a EFC apresentou índice de 100% e CRS. No ano de 2003, foi a vez da FERROBAN apresentar índice de 100% e CRS e no ano de 2004, novamente, a EFC e a FERROBAN obtiveram índice de 100% e CRS.

**Tabela 28 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo a TU.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	75,78%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS
efvm	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
efc	100,00%	DRS	65,65%	IRS	79,30%	IRS	67,73%	IRS	100,00%	CRS
all	18,50%	IRS	21,55%	DRS	29,19%	DRS	16,12%	DRS	44,25%	IRS
fca	42,67%	IRS	12,53%	IRS	18,60%	IRS	10,57%	DRS	11,74%	IRS
cfm	16,17%	DRS	12,50%	DRS	52,89%	DRS	27,42%	DRS	16,56%	DRS
ferroban	22,33%	IRS	35,21%	IRS	65,95%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
ftc	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
novoeste	33,69%	DRS	22,78%	DRS	45,27%	DRS	100,00%	DRS	68,54%	IRS

Analisando a Tabela 28, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade TU (produto), a EFVM obteve índice de 100% e CRS para o ano de 2000. No ano de 2001, a EFVM e a FTC obtiveram índice de 100% e CRS. No ano de 2002, a MRS e a FTC apresentaram índice de 100% e CRS. No ano de 2003, foi a vez da FERROBAN apresentar índice de 100% e CRS e no ano de 2004, foram três a apresentar índice de 100% e CRS, MRS, EFC e FERROBAN.

Além da classificação com base nas eficiências de cada DMU, o software SIAD fornece os pesos para cada insumo e produto. Os pesos fornecidos pelo modelo

representam o grau de importância que dados insumos têm na composição para formar o índice de eficiência (Surco, 2004).

As tabelas de 29 a 33 apresentam os pesos e respectivas porcentagens para a análise realizada com os itens de investimento VIA e TELESIN e com o indicador de produtividade IA.

**Tabela 29 – Pesos para o ano de 2004**

<b>2004</b>				
<b>DMU</b>	<b>Peso VIA</b>	<b>%</b>	<b>Peso TELESIN</b>	<b>%</b>
mrs	0,00001660	100,00%	0,00000000	0,00%
efvm	0,00000000	0,00%	0,00021030	100,00%
efc	0,00002209	100,00%	0,00000000	0,00%
all	0,00001026	0,79%	0,00128803	99,21%
fca	0,00000119	1,06%	0,00011156	98,94%
cfm	0,00005589	0,79%	0,00701860	99,21%
ferroban	0,00006645	0,79%	0,00834576	99,21%
ftc	0,00047847	100,00%	0,00000000	0,00%
novoeste	0,00005886	1,05%	0,00554015	98,95%
<b>SOMA</b>	<b>0,00070981</b>	<b>3,06%</b>	<b>0,02251440</b>	<b>96,94%</b>

**Tabela 30 – Pesos para o ano de 2003**

<b>2003</b>				
<b>DMU</b>	<b>Peso VIA</b>	<b>%</b>	<b>Peso TELESIN</b>	<b>%</b>
mrs	0,00002992	100,00%	0,00000000	0,00%
efvm	0,00001967	100,00%	0,00000000	0,00%
efc	0,00002653	100,00%	0,00000000	0,00%
all	0,00003882	100,00%	0,00000000	0,00%
fca	0,00001252	100,00%	0,00000000	0,00%
cfm	0,00014304	100,00%	0,00000000	0,00%
ferroban	0,00021487	0,23%	0,09322541	99,77%
ftc	0,00052165	100,00%	0,00000000	0,00%
novoeste	0,00029738	1,43%	0,02047237	98,57%
<b>SOMA</b>	<b>0,00130440</b>	<b>1,13%</b>	<b>0,11369778</b>	<b>98,87%</b>

Tabela 31 – Pesos para o ano de 2002

2002				
DMU	Peso VIA	%	Peso TELESIN	%
mrs	0,00006656	100,00%	0,00000000	0,00%
efvm	0,00002990	100,00%	0,00000000	0,00%
efc	0,00003883	100,00%	0,00000000	0,00%
all	0,00004127	3,79%	0,00104626	96,21%
fca	0,00002296	100,00%	0,00000000	0,00%
cfm	0,00019251	1,22%	0,01556110	98,78%
ferroban	0,00005360	100,00%	0,00000000	0,00%
ftc	0,00047483	100,00%	0,00000000	0,00%
novoeste	0,00021030	1,90%	0,01083862	98,10%
<b>SOMA</b>	<b>0,00113076</b>	<b>3,96%</b>	<b>0,02744598</b>	<b>96,04%</b>

Tabela 32 – Pesos para o ano de 2001

2001				
DMU	Peso VIA	%	Peso TELESIN	%
mrs	0,00002723	100,00%	0,00000000	0,00%
efvm	0,00003603	100,00%	0,00000000	0,00%
efc	0,00000835	100,00%	0,00000000	0,00%
all	0,00000146	0,11%	0,00128928	99,89%
fca	0,00000054	0,11%	0,00047612	99,89%
cfm	0,00000000	0,00%	0,01754386	100,00%
ferroban	0,00000000	0,00%	0,00473934	100,00%
ftc	0,00096061	100,00%	0,00000000	0,00%
novoeste	0,00003049	0,11%	0,02689598	99,89%
<b>SOMA</b>	<b>0,00106471</b>	<b>2,05%</b>	<b>0,05094458</b>	<b>97,95%</b>

Tabela 33 – Pesos para o ano de 2000

2000				
DMU	Peso VIA	%	Peso TELESIN	%
mrs	0,00010220	100,00%	0,00000000	0,00%
efvm	0,00007682	100,00%	0,00000000	0,00%
efc	0,00026469	100,00%	0,00000000	0,00%
all	0,00001984	0,87%	0,00226955	99,13%
fca	0,00000445	0,87%	0,00050961	99,13%
cfm	0,00016440	0,47%	0,03512282	99,53%
ferroban	0,00000644	0,87%	0,00073733	99,13%
ftc	0,00000000	0,00%	0,02272727	100,00%
novoeste	0,00035499	100,00%	0,00000000	0,00%
<b>SOMA</b>	<b>0,00099383</b>	<b>1,59%</b>	<b>0,06136658</b>	<b>98,41%</b>

Após a verificação dos primeiros resultados, foram inseridas, no modelo, restrições aos pesos para os insumos, ou seja, para os itens de investimento.

O modelo exige a entrada de pesos de acordo com o modelo de Região de Segurança, cuja aplicação é dada por equações de restrição dos pesos a limites estipulados, em função dos próprios pesos não zero obtidos neste estudo piloto.

As equações para a restrição dos pesos inseridas no modelo são as seguintes:

$$I_i \leq \frac{v_i}{v_{i+1}} \leq W_i, \text{ onde:}$$

$I_i$  = limite inferior;

$W_i$  = limite superior;

$v_i$  = peso do insumo  $i$ ;

$v_{i+1}$  = peso do insumo  $i+1$ ;

A restrição acima pode ser escrita da seguinte forma:

$$I_i v_{i+1} \leq v_i \leq W_i v_{i+1}, \text{ ou seja;}$$

$$-I_i v_{i+1} + v_i \geq 0, \quad W_i v_{i+1} - v_i \geq 0$$

A análise dos pesos obtidos da primeira análise dos dados originou um conjunto de pesos para cada análise das DMU's. A partir do conjunto de pesos para cada insumo e produto, foram geradas as seguintes equações:

Para os insumos TELESIN ( $V_1$ ) e VIA ( $V_2$ ) e produto IA – restrição 01.

- 1)  $V_1 - 25,35159 V_2 \geq 0$
- 2)  $-V_1 + 883,0685 V_2 \geq 0$

Para os insumos TELESIN ( $V_1$ ) e VIA ( $V_2$ ) e produto CCOMB – restrição 02.

- 3)  $V_1 - 0,476968 V_2 \geq 0$
- 4)  $-V_1 + 883,0685 V_2 \geq 0$

Para os insumos VEIC ( $V_1$ ) e VIA ( $V_2$ ) e produto CCOMB – restrição 03.

- 5)  $V_1 - 1,009991 V_2 \geq 0$
- 6)  $-V_1 + 13,15089 V_2 \geq 0$

Para os insumos VIA ( $V_1$ ) e VEIC ( $V_2$ ) e produto IA – restrição 04.

- 7)  $V_1 - 0,685783 V_2 \geq 0$   
 8)  $-V_1 + 11,69519 V_2 \geq 0$

Para os insumos VIA ( $V_1$ ) e VEIC ( $V_2$ ) e produto TKU – restrição 05.

- 9)  $V_1 - 0,045759 V_2 \geq 0$   
 10)  $-V_1 + 12,29078 V_2 \geq 0$

Para os insumos VIA ( $V_1$ ) e VEIC ( $V_2$ ) e produto TU – restrição 06.

- 11)  $V_1 - 0,002764 V_2 \geq 0$   
 12)  $-V_1 + 5,283972 V_2 \geq 0$

O modelo gerou os seguintes resultados após inseridas equações de restrições aos pesos.

### 5.3.2. Análise do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade com restrição aos pesos

As tabelas 34 a 39 apresentam os resultados obtidos, após o cálculo do modelo DEA BCC, com restrição aos pesos do tipo Região Segurança.

**Tabela 34 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB após aplicação da restrição aos pesos 01.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	52,77%	IRS	53,00%	IRS	35,57%	IRS	5,92%	DRS	5,66%	IRS
efvm	88,10%	IRS	100,00%	IRS	48,46%	IRS	4,56%	DRS	7,96%	IRS
efc	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	8,33%	DRS	23,08%	IRS
all	11,87%	DRS	4,79%	DRS	18,00%	DRS	7,42%	DRS	17,93%	DRS
fca	2,67%	DRS	1,77%	DRS	4,78%	DRS	2,34%	DRS	1,73%	DRS
cfn	100,00%	CRS	55,96%	DRS	100,00%	DRS	27,33%	DRS	88,15%	DRS
ferroban	3,86%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
novoeste	33,15%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	DRS	85,99%	DRS

Analisando a Tabela 34, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) e para o indicador de produtividade CCOMB (produto), após a restrição dos pesos realizada pelas equações 1) e 2), verificou-se que a CFN, juntamente com a FTC obtiveram índice de 100% e CRS para o ano de 2000, antes da restrição, somente a CFN atingiu este resultado. Para o ano de 2001, permaneceu a configuração ocorrida anteriormente, em que somente a FTC obteve 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2002, novamente a FTC

obteve 100% de eficiência e CRS. Nesta análise, a NOVOESTE que antes havia se equiparado a FTC apresentou IRS. Para o ano de 2003, a FERROBAN obteve índice de 100% e CRS, juntamente com a FTC, que na análise anterior apresentou DRS. Para o ano de 2004, FERROBAN e FTC permaneceram iguais a 2003, ou seja, apresentaram índice de 100% e CRS.

**Tabela 35 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e TELESIN, tendo o indicador de produtividade alvo o IA após aplicação da restrição aos pesos 02.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	2,10%	DRS	1,43%	DRS	3,35%	DRS	1,62%	DRS	2,59%	DRS
efvm	0,90%	DRS	0,41%	DRS	0,88%	DRS	0,33%	DRS	100,00%	IRS
efc	0,54%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
all	11,87%	DRS	4,79%	DRS	18,00%	DRS	6,67%	DRS	18,35%	DRS
fca	2,67%	DRS	1,77%	DRS	3,63%	DRS	1,19%	DRS	1,73%	DRS
cfm	100,00%	CRS	55,96%	DRS	100,00%	CRS	24,05%	DRS	100,00%	CRS
ferroban	3,86%	DRS	15,11%	DRS	9,18%	DRS	31,41%	DRS	100,00%	DRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
novoeste	23,94%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	85,99%	DRS

Analisando a Tabela 35, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) e para o indicador de produtividade IA (produto) após a restrição aos pesos realizada pelas equações 3) e 4), verificou-se que, com a restrição aos pesos, a FTC apresentou índice de 100% e CRS, igualando-se a CFN no ano de 2000. Para o ano de 2001, permaneceu a situação da primeira análise, onde somente a FTC obteve 100% de eficiência e CRS. Para o ano de 2002, o resultado na análise permaneceu o mesmo, com a CFN apresentando índice de 100% e CRS. Para o ano de 2003, foi obtido um resultado diferente daquele encontrado na primeira análise, a FERROBAN, que anteriormente apresentou índice de 100% e CRS, passou a 31,41% e DRS. Para este ano, a FTC conservou o resultado obtido anteriormente, 100% e CRS. Para o ano de 2004, a única alteração quanto à primeira análise, foi a CFN, que apresentou o mesmo índice, 100%, mas desta vez com CRS, igualando o resultado com o da FTC.

**Tabela 36 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o CCOMB após aplicação da restrição aos pesos 03.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	10,14%	IRS	35,32%	IRS	19,90%	IRS	3,71%	DRS	2,69%	IRS
efvm	32,90%	IRS	100,00%	IRS	21,71%	IRS	1,01%	DRS	3,46%	IRS
efc	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	5,50%	DRS	9,22%	IRS
all	1,37%	DRS	1,75%	DRS	4,16%	DRS	5,62%	DRS	4,03%	DRS
fca	1,22%	DRS	0,76%	DRS	2,79%	DRS	3,91%	DRS	0,69%	DRS
cfm	13,85%	DRS	11,18%	DRS	24,57%	DRS	23,78%	DRS	13,88%	DRS
ferroban	1,13%	DRS	13,90%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
novoeste	17,35%	DRS	12,10%	DRS	77,40%	IRS	100,00%	DRS	44,13%	DRS

Analisando a Tabela 36, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade CCOMB (produto), após a restrição aos pesos realizada pelas equações 5) e 6), permaneceu o mesmo resultado da análise anterior, onde somente a FTC obteve índice de 100% e CRS para os anos de 2000, 2001, 2002 e 2004. Para o ano de 2003, a FERROBAN também confirmou o seu desempenho da análise sem as restrições, obtendo índice de 100% e CRS.

**Tabela 37 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o IA após aplicação da restrição aos pesos 04.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	1,55%	DRS	1,76%	DRS	6,19%	DRS	3,68%	DRS	1,30%	DRS
efvm	1,27%	DRS	1,51%	DRS	1,99%	DRS	0,87%	DRS	21,41%	IRS
efc	2,14%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
all	1,51%	DRS	1,92%	DRS	4,59%	DRS	5,74%	DRS	4,19%	DRS
fca	1,27%	DRS	0,81%	DRS	2,97%	DRS	4,11%	DRS	0,72%	DRS
cfm	14,12%	DRS	11,36%	DRS	26,58%	DRS	24,04%	DRS	14,12%	DRS
ferroban	1,18%	DRS	2,17%	DRS	8,17%	DRS	64,25%	DRS	9,85%	DRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
novoeste	18,54%	DRS	12,97%	DRS	31,44%	DRS	100,00%	DRS	43,32%	DRS

Analisando a Tabela 37, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade IA (produto), após a restrição aos pesos realizadas pela equações 7) e 8), verifica-se que a FTC obteve o mesmo resultado da análise anterior, com índice de 100% e CRS para os anos de 2000 e 2001. Para o ano de 2002, nenhuma DMU apresentou resultado igual a 100% e CRS, nesse ano, a EFC e FTC apresentaram eficiência igual a 100% e escalas IRS e DRS, respectivamente, como na análise anterior. Para os anos de 2003 e 2004, novamente a FTC apresentou o mesmo resultado da análise sem a restrição aos pesos, ou seja, eficiência de 100% e escala CRS.

**Tabela 38 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo o TKU após aplicação da restrição 05.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	47,34%	IRS	85,50%	IRS	100,00%	CRS	70,55%	IRS	86,87%	IRS
efvm	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
efc	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS
all	20,78%	IRS	30,17%	DRS	43,71%	DRS	31,14%	IRS	98,34%	IRS
fca	27,11%	IRS	11,03%	IRS	13,96%	DRS	7,96%	DRS	7,55%	IRS
cfm	32,16%	IRS	31,16%	IRS	56,66%	DRS	29,69%	DRS	24,13%	DRS
ferroban	16,29%	IRS	33,41%	IRS	41,40%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
ftc	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
novoeste	50,32%	IRS	35,94%	DRS	59,41%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS

Analisando a Tabela 38, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade TKU (produto), após a restrição aos pesos realizada pelas equações 9) e 10), a EFC e a FTC obtiveram índice de 100% e CRS para o ano de 2000, da mesma maneira quando não havia restrição aos pesos. No ano de 2001, a EFVM tomou o lugar da EFC e, ao lado da FTC, obtiveram índice de 100% e CRS, também foi o mesmo resultado da análise anterior. No ano de 2002, somente a MRS se juntou a EFC e ambas apresentaram índice de 100% e CRS. No ano de 2003, foi a vez da FERROBAN apresentar índice de 100% e CRS, já no ano de 2004, a EFC e a FERROBAN obtiveram índice de 100% e CRS, ambos os resultados foram os mesmos encontrados para a análise sem a restrição aos pesos.

**Tabela 39 – Resultado da aplicação do modelo BCC orientado a insumo para as variáveis insumo VIA e VEIC, tendo o indicador de produtividade alvo a TU após aplicação da restrição 06.**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	75,78%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
efvm	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
efc	100,00%	DRS	49,25%	IRS	73,51%	IRS	67,01%	IRS	100,00%	CRS
all	18,12%	IRS	21,54%	DRS	29,11%	DRS	16,07%	DRS	43,49%	IRS
fca	32,05%	IRS	12,53%	IRS	17,43%	IRS	7,72%	DRS	11,37%	IRS
cfm	16,16%	DRS	12,50%	DRS	52,72%	DRS	27,40%	DRS	16,55%	DRS
ferroban	18,40%	IRS	34,96%	IRS	55,06%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
ftc	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
novoeste	33,59%	DRS	22,73%	DRS	45,21%	DRS	100,00%	DRS	44,93%	IRS

Analisando a Tabela 39, cujos resultados apresentados são para a análise dos itens de investimento VIA e VEIC (insumos) e para o indicador de produtividade TU (produto), após a restrição aos pesos realizada pelas equações 11) e 12), verifica-se que não houve alteração para o ano de 2000, onde a EFVM obteve índice de 100% e CRS. No ano de 2001, somente a EFVM obteve índice de 100% e CRS enquanto que na análise anterior, a FTC também obteve o mesmo resultado. No ano de 2002,

a MRS e a FTC apresentaram o mesmo resultado quando comparado com o da análise anterior, índice de 100% e CRS. O resultado também permaneceu inalterado para o ano de 2003, quando comparamos com a análise anterior, onde a FERROBAN apresentou índice de 100% e CRS. Já o ano de 2004 foi aquele que apresentou maior diferença, quando as DMU's que apresentaram índice de 100% e CRS. Na análise sem restrição aos pesos, MRS, EFC e FERROBAN atingiram aquele resultado e com a restrição aos pesos, somente a EFC. Como ocorrido na condição sem restrição ao peso, nas tabelas 34 a 39 não há ocorrência de empresas ineficientes e que estejam trabalhando com retornos constantes de escala. Nos demais casos, ocorrem situações em que empresas eficientes estão operando com retornos crescentes ou decrescentes de escala e, empresas ineficientes operando com retornos crescentes ou decrescentes de escala.

O teste piloto permitiu verificar a pouca variabilidade dos resultados, sendo a restrição aos pesos um fator pouco significativo para a análise completa. Portanto, partiu-se para a análise completa dos dados, somente com a intenção de verificação dos resultados e da influência da defasagem entre o ano de aplicação do investimento e o ano de apuração do resultado operacional.

Para esta investigação completa, a principal variável a ser verificada é a influência do tempo entre o momento da aplicação do recurso (investimento) e seu efetivo resultado nos indicadores de produtividade (indicadores de produtividade e índice de acidentes), considerando dois modelos cujos resultados são apresentados a seguir. No primeiro modelo, apresentado nos itens 5.3.3. e 5.3.4., não ocorre defasagem entre os anos, mas no segundo modelo, apresentado nos itens 5.3.5. e 5.3.6., ocorre defasagem de 01 ano, por exemplo, o investimento foi realizado em 1999, mas o resultado a ser analisado é do ano de 2000.

### **5.3.3. Análise completa do DEA sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos**

As tabelas de 40 a 63 mostram os resultados encontrados, após o cálculo do modelo DEA BCC para as DMU's MRS, EFVM, EFC, ALL, FCA, CFN, FERROBAN, FTC e NOVOESTE. Serão apresentados os resultados obtidos, utilizando-se os

quantitativos investidos em sua totalidade, ou seja, sem a exclusão das DMU's que apresentam itens de investimento com quantitativos zerados e também os resultados para a análise das DMU's, após a exclusão dos valores iguais a zero para os itens de investimento.

Nas tabelas 40 e 41, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 40 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados e a tabela 41 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 40 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	38%	IRS	53%	IRS	49%	IRS	11%	IRS	1%	DRS	2%	DRS
efvm	100%	IRS	88%	IRS	42%	IRS	27%	IRS	0%	DRS	2%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	2%	DRS	6%	IRS
all	2%	DRS	6%	IRS	5%	DRS	6%	DRS	1%	DRS	12%	DRS
fca	16%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	3%	DRS	1%	DRS
cfm	100%	CRS	100%	DRS	62%	DRS	49%	DRS	4%	DRS	100%	DRS
ferroban	1%	DRS	2%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	27%	DRS	100%	DRS
novoeste	15%	DRS	14%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 41 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	38%	IRS	53%	IRS	97%	IRS	11%	IRS	48%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	IRS	88%	IRS	48%	IRS	27%	IRS	44%	IRS	100%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	21%	IRS
all	2%	DRS			100%	IRS	31%	DRS	5%	DRS	1%	DRS
fca			3%	DRS	8%	IRS	3%	DRS	15%	DRS	14%	DRS
cfm					100%	CRS			21%	DRS		
ferroban	1%	DRS	5%	DRS			100%	IRS				
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	19%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração mais significativa nos resultados para os anos de 2001 e 2004. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado, deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras. Eliminando-se estas DMU's, o modelo define outras DMU's como eficientes e estas podem se tornar os benchmarks para as demais.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 41 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC e FTC.

Nas tabelas 42 e 43, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 42 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 43 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 42 – Insumos Veic, Telesin e produto IA**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	1%	DRS	1%	DRS	1%	DRS	2%	DRS	1%	DRS	2%	DRS
efvm	2%	DRS	0%	DRS	0%	DRS	0%	DRS	0%	DRS	100%	IRS
efc	1%	DRS	0%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	2%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS
fca	16%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	4%	DRS	1%	DRS
cfm	100%	CRS	100%	CRS	62%	DRS	100%	DRS	14%	DRS	100%	CRS
ferroban	1%	DRS	2%	DRS	16%	DRS	6%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS
novoeste	15%	DRS	14%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 43 – Insumos Veic, Telesin e produto IA, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	1%	DRS	1%	DRS	60%	IRS	2%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
efvm	3%	DRS	1%	DRS	17%	IRS	0%	DRS	0%	DRS	100%	IRS
efc	1%	DRS	0%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	2%	DRS			8%	CRS	31%	DRS	5%	DRS	24%	DRS
fca			3%	DRS	3%	DRS	3%	DRS	15%	DRS	1%	DRS
cfm					100%	CRS			21%	DRS		
ferroban	1%	DRS	5%	DRS			8%	DRS				
ftc	100%	DRS	100%	CRS			100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	19%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados para o ano de 2001, onde a DMU CFN passou a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras mas, neste caso, as alterações não foram significativas a ponto de uma DMU que antes era ineficiente, passar a ser.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 43 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC, a partir de 2001 inclusive, e para a FTC.

Nas tabelas 44 e 45, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 44 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 45 apresenta o

resultado do cálculo sem os valores onde algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 44 – Insumos, Veic, Telesin e produto TKU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	80%	IRS	94%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	34%	DRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	35%	DRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
fca	100%	DRS	61%	DRS	26%	IRS	31%	IRS	9%	DRS	8%	IRS
cfm	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	49%	DRS	4%	DRS	100%	DRS
ferroban	14%	DRS	54%	DRS	100%	CRS	91%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	20%	DRS	100%	DRS
novoeste	67%	DRS	78%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS

**Tabela 45 – Insumos, Veic, Telesin e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	80%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	34%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
all	35%	DRS			100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS
fca			68%	DRS	33%	IRS	34%	DRS	93%	DRS	11%	IRS
cfm					100%	DRS			41%	DRS		
ferroban	14%	DRS	89%	DRS			100%	DRS				
ftc	100%	DRS	100%	DRS			100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	67%	DRS	96%	DRS							100%	CRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se a ocorrência de resultados igual a 100% para várias DMU's ao longo dos anos e para os dois casos.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 45 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100%. Neste caso, destaca-se a FCA como a única DMU que não atingiu 100% em sequer um ano.

Nas tabelas 46 e 47, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 46 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 47 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 46 – Insumos Veic, Telesin e produto TU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS								
efc	21%	IRS	69%	IRS	66%	IRS	79%	IRS	68%	IRS	48%	IRS
all	27%	IRS	100%	IRS	42%	IRS	100%	IRS	3%	DRS	44%	IRS
fca	100%	IRS	62%	IRS	27%	IRS	37%	IRS	11%	DRS	12%	IRS
cfm	100%	DRS	100%	CRS	62%	DRS	49%	DRS	4%	DRS	100%	DRS
ferroban	19%	IRS	60%	IRS	100%	CRS	98%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	20%	DRS	100%	DRS
novoeste	21%	IRS	14%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 47 – Insumos Veic, Telesin e produto TU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS								
efc	21%	IRS	69%	IRS	66%	DRS	79%	IRS	74%	IRS	50%	IRS
all	27%	IRS			100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
fca			63%	IRS	50%	IRS	37%	IRS	100%	CRS	19%	IRS
cfm					100%	DRS			21%	DRS		
ferroban	19%	IRS	75%	IRS			99%	IRS				
ftc	100%	DRS	100%	DRS			100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS
novoeste	21%	IRS	19%	DRS							100%	CRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados dos anos de 2001, 2003 e 2004. As DMU's ALL e CFN, no ano de 2001, as DMU's ALL e FCA, no ano de 2003 e a DMU ALL, no ano de 2004 passaram a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 47 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100% e uma predominância de resultados igual a 100% para as DMU's MRS, EFVM, ALL e FTC.

Nas tabelas 48 e 49, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 48 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados e a tabela 49 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 48 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	38%	IRS	53%	IRS	53%	IRS	36%	IRS	6%	DRS	6%	IRS
efvm	100%	IRS	88%	IRS	100%	IRS	48%	IRS	6%	DRS	8%	IRS
efc	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	11%	DRS	28%	IRS
all	5%	DRS	12%	DRS	5%	DRS	18%	DRS	7%	DRS	18%	DRS
fca	100%	DRS	3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS	100%	CRS	56%	DRS	100%	DRS	27%	DRS	88%	DRS
ferroban	8%	DRS	4%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	86%	DRS

**Tabela 49 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	38%	IRS	53%	IRS	53%	IRS	38%	IRS	48%	IRS	32%	IRS
efvm	100%	IRS	88%	IRS	100%	IRS	49%	IRS	44%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	IRS								
all	5%	DRS			5%	DRS	31%	DRS	7%	DRS	21%	DRS
fca			3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS		
ferroban	8%	DRS	5%	DRS			100%	IRS				
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração mais significativa nos resultados para os anos de 2003 e 2004. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se a eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras. Eliminando-se estas DMU's, o modelo define outras DMU's como eficientes e estas podem se tornar os benchmarks para as demais.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 49 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC e FTC. A relevância deve ser atribuída a DMU EFVM, que apresenta valores iguais a 100% para, pelo menos, 03 anos.

Nas tabelas 50 e 51, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 50 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados e a tabela 51 apresenta o resultado do cálculo sem os valores, em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 50 – Insumos Via, Telesin e produto IA**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS	3%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	4%	DRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	25%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	12%	DRS	5%	DRS	18%	DRS	7%	DRS	18%	DRS
fca	100%	DRS	3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS	100%	CRS	58%	DRS	100%	CRS	27%	DRS	100%	DRS
ferroban	8%	DRS	4%	DRS	15%	DRS	11%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
ftc	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	86%	DRS

**Tabela 51 – Insumos Via, Telesin e produto IA, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS	3%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	4%	DRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	25%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS			5%	DRS	31%	DRS	7%	DRS	24%	DRS
fca			3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS		
ferroban	8%	DRS	5%	DRS			11%	DRS				
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados para o ano de 2004, onde a DMU NOVOESTE passou a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para, outras, mas neste caso, as alterações não foram significativas a ponto de uma DMU que antes era ineficiente, passar a ser.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 51 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para a DMU's FTC, e para a EFC a partir do ano de 2001.

Nas tabelas 52 e 53, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 52 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 53 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 52 – Insumos Via, Telesin e produto TKU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	80%	IRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	IRS	82%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
all	52%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
fca	100%	DRS	23%	DRS	23%	DRS	22%	DRS	5%	DRS	7%	DRS
cfm	20%	DRS	100%	DRS	56%	DRS	100%	DRS	30%	DRS	100%	DRS
ferroban	22%	DRS	21%	DRS	100%	DRS	52%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	77%	DRS	73%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	86%	DRS

**Tabela 53 – Insumos Via, Telesin e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	80%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	84%	DRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
efc	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
all	52%	DRS			100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS
fca			68%	DRS	25%	DRS	22%	DRS	14%	DRS	10%	DRS
cfm	20%	DRS			100%	DRS			42%	DRS		
ferroban	22%	DRS	89%	DRS			52%	DRS				
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	77%	DRS	93%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se a ocorrência de resultados igual a 100% para várias DMU's ao longo dos anos e para os dois casos.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 53 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100%. Neste caso, destaca-se a FCA como a única DMU que não atingiu 100% em sequer um ano. Para o ano de 2001, a DMU CFM passou a apresentar índice de 100% e o mesmo ocorreu para a DMU NOVOESTE, no ano de 2004.

Nas tabelas 54 e 55, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 54 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 55 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 54 – Insumos Via, Telesin e produto TU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS
efvm	100%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	DRS	25%	IRS	47%	DRS	61%	IRS	100%	CRS
all	42%	IRS	100%	DRS	78%	IRS	100%	CRS	16%	DRS	39%	DRS
fca	100%	IRS	31%	DRS	30%	IRS	28%	DRS	6%	DRS	9%	DRS
cfm	13%	DRS	100%	DRS	56%	DRS	100%	DRS	27%	DRS	88%	DRS
ferroban	31%	DRS	29%	DRS	100%	IRS	66%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	37%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	86%	DRS

**Tabela 55 – Insumos Via, Telesin e produto TU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS
efvm	100%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	DRS	25%	IRS	47%	DRS	66%	DRS	100%	CRS
all	42%	IRS			100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS
fca			63%	DRS	47%	IRS	28%	DRS	18%	IRS	13%	DRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS		
ferroban	31%	DRS	75%	DRS			66%	DRS				
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
novoeste	37%	DRS	34%	DRS							100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados dos anos de 2001, 2003 e 2004. A DMU ALL, nos anos de 2001 e 2003, e as DMU's ALL e NOVOESTE, no ano de 2004, passaram a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 55 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100% e uma predominância de resultados igual a 100% para as DMU's MRS, EFVM, ALL e FTC.

Nas tabelas 56 e 57, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 56 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 57 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 56 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	5%	IRS	13%	IRS	35%	IRS	32%	IRS	6%	DRS	6%	IRS
efvm	100%	IRS	33%	IRS	100%	IRS	43%	IRS	6%	DRS	8%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	11%	DRS	28%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	5%	DRS	12%	DRS	7%	DRS	6%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	1%	DRS	5%	DRS	4%	DRS	1%	DRS
cfm	100%	DRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	14%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	23%	DRS	83%	IRS	100%	DRS	54%	DRS

**Tabela 57 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	5%	IRS	13%	IRS	56%	IRS	32%	IRS	6%	DRS	6%	IRS
efvm	100%	IRS	33%	IRS	100%	IRS	43%	IRS	6%	DRS	8%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	11%	DRS	28%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	20%	DRS	12%	DRS	7%	DRS	6%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	6%	DRS	5%	DRS	4%	DRS	1%	DRS
cfm			16%	DRS	100%	CRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	45%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	CRS	83%	IRS	100%	DRS	54%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC no, ano de 2001, resultou na alteração do índice das DMU's CFN e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois, nesse ano de 2001, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para a DMU FTC e para a EFC, que apresentou o mesmo valor para 4 anos.

Nas tabelas 58 e 59, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 58 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 59 apresenta o resultado do cálculo sem os valores, em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 58 – Insumos Via, Veic e produto IA**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS	3%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	4%	DRS	22%	IRS
efc	100%	DRS	25%	DRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	5%	DRS	12%	DRS	7%	DRS	6%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	1%	DRS	5%	DRS	4%	DRS	1%	DRS
cfm	100%	DRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	3%	DRS	11%	DRS	66%	DRS	16%	DRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	23%	DRS	45%	DRS	100%	DRS	54%	DRS

**Tabela 59 – Insumos Via, Veic e produto IA, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	69%	IRS	14%	DRS	6%	DRS	3%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	100%	IRS	6%	DRS	4%	DRS	22%	IRS
efc	100%	DRS	25%	DRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	37%	CRS	12%	DRS	7%	DRS	6%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	8%	DRS	5%	DRS	4%	DRS	1%	DRS
cfm			16%	DRS	100%	CRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	21%	DRS	11%	DRS	66%	DRS	16%	DRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS			100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	45%	DRS	100%	DRS	54%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2001, resultou na alteração do índice das DMU's EFVM, CFN e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois, nesse ano de 2001, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para a DMU FTC e para a EFC, que apresentou o mesmo valor para 5 anos. No ano de 2001, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

Nas tabelas 60 e 61, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 60 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 61 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 60 – Insumos Via, Veic e produto TKU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	22%	DRS	48%	IRS	86%	IRS	100%	DRS	72%	IRS	88%	DRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	DRS
efc	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS
all	6%	DRS	21%	IRS	30%	DRS	45%	DRS	32%	IRS	100%	DRS
fca	10%	DRS	31%	IRS	11%	IRS	14%	DRS	9%	DRS	8%	DRS
cfm	100%	DRS	37%	IRS	34%	IRS	59%	DRS	30%	DRS	24%	DRS
ferroban	13%	DRS	18%	IRS	33%	IRS	43%	IRS	100%	CRS	100%	DRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	51%	IRS	36%	DRS	60%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 61 – Insumos Via, Veic e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	22%	DRS	48%	IRS	88%	DRS	100%	DRS	72%	IRS	88%	DRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	DRS
efc	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS
all	6%	DRS	21%	IRS	41%	DRS	45%	DRS	32%	IRS	100%	DRS
fca	10%	DRS	31%	IRS	13%	DRS	14%	DRS	9%	DRS	8%	DRS
cfm			37%	IRS	100%	DRS	59%	DRS	30%	DRS	24%	DRS
ferroban	13%	DRS	18%	IRS	38%	DRS	43%	IRS	100%	CRS	100%	DRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS			100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	51%	IRS	100%	DRS	60%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2001, resultou na alteração do índice das DMU's CFN e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois nesse ano de 2001, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para as DMU's EFVM, EFC e FTC. No ano de 2001, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

Nas tabelas 62 e 63, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 62 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 63 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 62 – Insumos Via, Veic e produto TU**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	34%	DRS	76%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	DRS	66%	IRS	79%	IRS	68%	IRS	100%	CRS
all	8%	DRS	18%	IRS	22%	DRS	29%	DRS	16%	DRS	44%	IRS
fca	15%	DRS	43%	IRS	13%	IRS	19%	IRS	11%	DRS	12%	IRS
cfm	100%	DRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	21%	DRS	22%	IRS	35%	IRS	66%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	23%	DRS	45%	DRS	100%	DRS	69%	IRS

**Tabela 63 – Insumos Via, Veic e produto TU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC											
	1999	Retorno	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	34%	DRS	76%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	DRS	66%	DRS	79%	IRS	68%	IRS	100%	CRS
all	8%	DRS	18%	IRS	35%	DRS	29%	DRS	16%	DRS	44%	IRS
fca	15%	DRS	43%	IRS	16%	DRS	19%	IRS	11%	DRS	12%	IRS
cfm			16%	DRS	100%	DRS	53%	DRS	27%	DRS	17%	DRS
ferroban	21%	DRS	22%	IRS	45%	DRS	66%	IRS	100%	CRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS			100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	45%	DRS	100%	DRS	69%	IRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2001, resultou na alteração do índice das DMU's CFM e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois nesse ano de 2001, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para as DMU's MRS, EFVM, EFC e FTC. No ano de 2001, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

Esta análise particular, de caso a caso, permitiu a verificação do modelo por um grupo limitado de DMU's, chegando a gerar modelos com quantidade de DMU's inferior ao recomendado  $[(n^{\circ} \text{ insumos} + n^{\circ} \text{ de produtos}) \times 3 = n^{\circ} \text{ de DMU's}]$  para a

obtenção de resultados mais precisos, devido à quantidade de comparações que deve ser efetuada pelo modelo. Portanto, visando o resultado de uma análise que envolvesse todas as DMU's, num mesmo cálculo, foi proposto o estudo que teve como resultado a tabela 64, com a inclusão das DMU's de todos os anos.

#### **5.3.4. Análise do DEA com a agregação dos anos como DMU sem defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade e sem restrição aos pesos**

Neste estudo, já foram eliminadas as DMU's que apresentaram quantidades dos itens de investimento iguais a zero ou quantidades muito pequenas, que não representavam sequer 1% do valor total investido para aquele ano. A tabela 64 mostra os resultados encontrados, as DMU's que foram eliminadas e qual o item de investimento que causou a eliminação de certas DMU's.

Tabela 64 – Resultado para análise total dos dados.

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB		IA		TKU		TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno
1	mrs	1999	1999	45%	49%	3%	9,59%	IRS	3,44%	DRS	72,39%	DRS	100,00%	IRS
2	efvm	1999	1999	63%	18%	12%	100,00%	IRS	3,66%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
4	all	1999	1999	22%	77%	2%	5,07%	DRS	5,07%	DRS	45,04%	DRS	40,69%	IRS
5	fca	1999	1999	37%	62%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cfm	1999	1999	93%	0%	6%	-	-	-	-	-	-	-	-
7	ferroban	1999	1999	37%	49%	10%	8,22%	DRS	8,22%	DRS	21,18%	DRS	25,94%	IRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
9	novoeste	1999	1999	40%	55%	2%	32,77%	DRS	32,77%	DRS	70,31%	DRS	32,77%	DRS
10	mrs	2000	2000	45%	78%	4%	19,99%	IRS	9,69%	DRS	97,23%	DRS	100,00%	IRS
11	efvm	2000	2000	12%	75%	8%	49,37%	IRS	7,28%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
12	efc	2000	2000	5%	72%	20%	92,57%	IRS	24,86%	DRS	100,00%	IRS	65,04%	DRS
13	all	2000	2000	26%	72%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
14	fca	2000	2000	65%	32%	2%	1,81%	DRS	1,81%	DRS	32,93%	DRS	43,81%	IRS
15	cfm	2000	2000	78%	21%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
16	ferroban	2000	2000	57%	40%	1%	2,70%	DRS	2,70%	DRS	30,15%	DRS	41,72%	IRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
18	novoeste	2000	2000	39%	51%	3%	33,69%	DRS	33,69%	DRS	62,84%	DRS	33,69%	DRS
19	mrs	2001	2001	11%	40%	6%	10,99%	IRS	2,58%	DRS	56,03%	DRS	75,72%	IRS
20	efvm	2001	2001	27%	52%	17%	23,74%	IRS	3,41%	DRS	79,44%	IRS	100,00%	IRS
21	efc	2001	2001	71%	19%	8%	73,19%	IRS	51,37%	IRS	30,24%	DRS	18,71%	IRS
22	all	2001	2001	37%	60%	1%	4,21%	DRS	4,21%	DRS	65,03%	DRS	57,96%	IRS
23	fca	2001	2001	55%	43%	1%	1,32%	DRS	1,32%	DRS	21,21%	DRS	30,95%	IRS
24	cfm	2001	2001	87%	10%	1%	45,48%	DRS	45,48%	DRS	95,37%	DRS	45,48%	DRS
25	ferroban	2001	2001	59%	40%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
26	ftc	2001	2001	89%	0%	3%	-	-	-	-	-	-	-	-
27	novoeste	2001	2001	51%	46%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
28	mrs	2002	2002	53%	69%	7%	16,78%	IRS	6,31%	DRS	77,21%	DRS	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2002	24%	61%	13%	24,43%	IRS	2,83%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
30	efc	2002	2002	36%	31%	30%	100,00%	IRS	6,69%	IRS	67,67%	IRS	42,65%	IRS
31	all	2002	2002	32%	64%	1%	8,46%	DRS	8,46%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS
32	fca	2002	2002	53%	39%	4%	2,18%	DRS	2,18%	DRS	21,12%	DRS	26,88%	IRS
33	cfm	2002	2002	44%	51%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
34	ferroban	2002	2002	63%	32%	4%	100,00%	IRS	5,09%	DRS	58,09%	DRS	69,96%	IRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
36	novoeste	2002	2002	64%	35%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
37	mrs	2003	2003	32%	63%	4%	12,93%	IRS	2,88%	IRS	61,43%	DRS	84,29%	IRS
38	efvm	2003	2003	11%	82%	6%	16,30%	IRS	2,90%	IRS	62,90%	IRS	100,00%	IRS
39	efc	2003	2003	27%	48%	21%	100,00%	IRS	100,00%	IRS	49,73%	IRS	25,77%	IRS
40	all	2003	2003	38%	58%	1%	5,55%	DRS	5,55%	DRS	91,49%	IRS	84,58%	IRS
41	fca	2003	2003	72%	10%	4%	1,19%	DRS	1,19%	DRS	13,72%	DRS	18,49%	IRS
42	cfm	2003	2003	46%	52%	1%	19,43%	DRS	19,43%	DRS	29,88%	DRS	19,43%	DRS
43	ferroban	2003	2003	81%	22%	-2%	-	-	-	-	-	-	-	-
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
45	novoeste	2003	2003	91%	9%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
46	mrs	2004	2004	24%	73%	2%	8,47%	IRS	2,34%	IRS	52,22%	IRS	71,76%	IRS
47	efvm	2004	2004	18%	79%	1%	72,67%	IRS	91,85%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
48	efc	2004	2004	13%	79%	6%	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	22,65%	IRS
49	all	2004	2004	43%	53%	1%	4,59%	DRS	4,59%	DRS	84,85%	IRS	77,63%	IRS
50	fca	2004	2004	41%	54%	2%	0,51%	DRS	0,51%	DRS	6,64%	DRS	10,44%	IRS
51	cfm	2004	2004	57%	40%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
52	ferroban	2004	2004	42%	58%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
53	ftc	2004	2004	66%	28%	4%	45,48%	DRS	89,06%	IRS	45,40%	DRS	45,40%	DRS
54	novoeste	2004	2004	85%	15%	1%	32,36%	DRS	32,36%	DRS	100,00%	DRS	38,68%	DRS

A próxima tabela, tabela 65, é a compilação da tabela anterior, em que foram eliminadas as linhas com investimentos iguais a zero e as linhas que não obtiveram resultado igual a 100%. Foram destacados os valores nos quais os resultados apresentaram índice de 100%.

É possível perceber, na tabela 65, que as DMU's que obtiveram resultado igual a 100% são basicamente as DMU's, cujos principais produtos transportados são minérios. Nos anos de 1999 e 2000, destacam-se as DMU's MRS, EFVM, EFC e FTC, no ano de 2001, destacam-se somente a EFVM. No ano de 2002, além da MRS, EFVM, EFC e FTC, aparecem também a ALL e FERROBAN. No ano de 2003,

as DMU's que se destacaram foram a EFVM, EFC e FTC e, no ano de 2004, novamente EFVM e EFC juntamente com a NOVOESTE.

**Tabela 65 – Resultados com DMU's que obtiveram 100% em algum indicador de produtividade.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB		IA		TKU		TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno
1	mrs	1999	1999	45%	49%	3%	9,59%	IRS	3,44%	DRS	72,39%	DRS	100,00%	IRS
2	efvm	1999	1999	63%	18%	12%	100,00%	IRS	3,66%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	CRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
10	mrs	2000	2000	45%	78%	4%	19,99%	IRS	9,69%	DRS	97,23%	DRS	100,00%	IRS
11	efvm	2000	2000	12%	75%	8%	49,37%	IRS	7,28%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	IRS
12	efc	2000	2000	5%	72%	20%	92,57%	IRS	24,86%	DRS	100,00%	IRS	65,04%	DRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
20	efvm	2001	2001	27%	52%	17%	23,74%	IRS	3,41%	DRS	79,44%	IRS	100,00%	IRS
28	mrs	2002	2002	53%	69%	7%	16,78%	IRS	6,31%	DRS	77,21%	DRS	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2002	24%	61%	13%	24,43%	IRS	2,83%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
30	efc	2002	2002	36%	31%	30%	100,00%	IRS	6,69%	IRS	67,67%	IRS	42,65%	IRS
31	all	2002	2002	32%	64%	1%	8,46%	DRS	8,46%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS
34	ferroban	2002	2002	63%	32%	4%	100,00%	IRS	5,09%	DRS	58,09%	DRS	69,96%	IRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
38	efvm	2003	2003	11%	82%	6%	16,30%	IRS	2,90%	IRS	62,90%	IRS	100,00%	IRS
39	efc	2003	2003	27%	48%	21%	100,00%	IRS	100,00%	IRS	49,73%	IRS	25,77%	IRS
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	IRS	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
47	efvm	2004	2004	18%	79%	1%	72,67%	IRS	91,85%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
48	efc	2004	2004	13%	79%	6%	100,00%	IRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS	22,65%	IRS
54	novoeste	2004	2004	85%	15%	1%	32,36%	DRS	32,36%	DRS	100,00%	DRS	38,68%	DRS

Buscando a segmentação da análise dentro dos resultados obtidos na tabela 65, foram separados os resultados com 100% para cada item de investimento analisado.

A tabela 66 apresenta os resultados para o item de investimento CCOMB.

**Tabela 66 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade CCOMB.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
2	efvm	1999	1999	63%	18%	12%	100,00%	IRS
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	CRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	CRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	CRS
30	efc	2002	2002	36%	31%	30%	100,00%	IRS
34	ferroban	2002	2002	63%	32%	4%	100,00%	IRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	IRS
39	efc	2003	2003	27%	48%	21%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	IRS
48	efc	2004	2004	13%	79%	6%	100,00%	IRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>50%</b>	<b>34%</b>	<b>12%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da EFC e FTC em quase todos os casos em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de

investimentos para VIA é igual a 50,4%, para VEIC é igual a 33,5% e para TELESIN é igual a 12%.

Para o item de investimento IA, os resultados da análise estão apresentados na tabela 67.

**Tabela 67 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade IA**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			IA	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	DRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	CRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	DRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	CRS
39	efc	2003	2003	27%	48%	21%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	CRS
48	efc	2004	2004	13%	79%	6%	100,00%	IRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>49%</b>	<b>36%</b>	<b>10%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da EFC e FTC em todos os casos em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 48,8%, para VEIC é igual a 36,3% e para TELESIN é igual a 10,8%.

Para o item de investimento TKU, os resultados da análise estão apresentados na tabela 68.

Tabela 68 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TKU

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			TKU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
2	efvm	1999	1999	63%	18%	12%	100,00%	CRS
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	CRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	DRS
11	efvm	2000	2000	12%	75%	8%	100,00%	CRS
12	efc	2000	2000	5%	72%	20%	100,00%	IRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	DRS
29	efvm	2002	2002	24%	61%	13%	100,00%	IRS
31	all	2002	2002	32%	64%	1%	100,00%	DRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	DRS
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	DRS
47	efvm	2004	2004	18%	79%	1%	100,00%	IRS
48	efc	2004	2004	13%	79%	6%	100,00%	IRS
54	novoeste	2004	2004	85%	15%	1%	100,00%	DRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>43%</b>	<b>45%</b>	<b>8%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da EFVM, EFC e FTC em quase todos os casos, em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 42,6%, para VEIC é igual a 45,4% e para TELESIN é igual a 8,4%.

Para o item de investimento TU, os resultados da análise estão apresentados na tabela 69.

Tabela 69 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TU

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
1	mrs	1999	1999	45%	49%	3%	100,00%	IRS
2	efvm	1999	1999	63%	18%	12%	100,00%	IRS
3	efc	1999	1999	3%	58%	36%	100,00%	IRS
8	ftc	1999	1999	74%	15%	2%	100,00%	DRS
10	mrs	2000	2000	45%	78%	4%	100,00%	IRS
11	efvm	2000	2000	12%	75%	8%	100,00%	IRS
17	ftc	2000	2000	82%	7%	4%	100,00%	CRS
20	efvm	2001	2001	27%	52%	17%	100,00%	IRS
28	mrs	2002	2002	53%	69%	7%	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2002	24%	61%	13%	100,00%	IRS
31	all	2002	2002	32%	64%	1%	100,00%	IRS
35	ftc	2002	2002	90%	2%	4%	100,00%	DRS
38	efvm	2003	2003	11%	82%	6%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2003	53%	45%	1%	100,00%	DRS
47	efvm	2004	2004	18%	79%	1%	100,00%	IRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>42%</b>	<b>50%</b>	<b>8%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da MRS, EFVM, EFC e FTC em quase todos os casos em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 42,1%, para VEIC é igual a 50,3% e para TELESIN é igual a 7,9%.

Na tentativa de estudar a influência do tempo decorrido entre a materialização dos investimentos e o resultado operacional alcançado, foi elaborado o estudo que segue. Neste estudo, os insumos inseridos no software correspondem a um ano "X" e os produtos a um ano "X+1".

### 5.3.5. Análise completa do DEA com defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade sem restrição aos pesos

Nas tabelas 70 e 71, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 70 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 71 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 70 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	56%	IRS	63%	IRS	19%	IRS	3%	IRS	1%	DRS
efvm	100%	IRS	93%	IRS	37%	IRS	4%	IRS	0%	DRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	33%	IRS	2%	DRS
all	2%	DRS	7%	IRS	5%	DRS	11%	IRS	1%	DRS
fca	16%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	3%	DRS
cfm	100%	CRS	100%	CRS	62%	DRS	49%	DRS	4%	DRS
ferroban	1%	DRS	74%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	27%	DRS
novoeste	15%	DRS	14%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS

**Tabela 71 – Insumos Veic, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	56%	IRS	63%	IRS	88%	IRS	3%	IRS	83%	IRS
efvm	100%	IRS	93%	IRS	47%	IRS	4%	IRS	53%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	33%	IRS	100%	IRS
all	2%	DRS			100%	IRS	31%	DRS	5%	DRS
fca			3%	DRS	3%	DRS	3%	DRS	15%	DRS
cfm					100%	CRS			21%	DRS
ferroban	1%	DRS	74%	IRS			100%	IRS		
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	19%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração mais significativa nos resultados para os anos de 2002 e 2004. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras. Eliminando-se estas DMU's, o modelo define outras DMU's como eficientes e estas podem se tornar os benchmarks para as demais.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 71 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC e FTC.

Nas tabelas 72 e 73, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 72 apresenta o resultado da análise considerando todos os dados e a tabela 73 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 72 – Insumos Veic, Telesin e produto IA**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	1%	DRS	1%	DRS	1%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
efvm	2%	DRS	0%	DRS	0%	DRS	0%	DRS	31%	IRS
efc	1%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	2%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	10%	DRS	4%	DRS
fca	16%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	2%	DRS	6%	DRS
cfm	100%	CRS	100%	CRS	62%	DRS	100%	CRS	18%	DRS
ferroban	1%	DRS	2%	DRS	16%	DRS	6%	DRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	14%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 73 – Insumos Veic, Telesin e produto IA, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	1%	DRS	1%	DRS	4%	DRS	2%	DRS	2%	DRS
efvm	3%	DRS	1%	DRS	2%	DRS	0%	DRS	31%	IRS
efc	1%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	2%	DRS			8%	CRS	31%	DRS	5%	DRS
fca			3%	DRS	3%	DRS	3%	DRS	15%	DRS
cfm					100%	CRS			21%	DRS
ferroban	1%	DRS	5%	DRS			8%	DRS		
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	19%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados para o ano de 2002, quando a DMU CFN passou a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras mas, neste caso, as alterações não foram significativas a ponto de uma DMU que antes era ineficiente, passar a ser.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 73 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC, a partir de 2000, inclusive, e para a FTC.

Nas tabelas 74 e 75, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 74 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 75 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 74 – Insumos Veic, Telesin e produto TKU**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	95%	IRS	96%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	35%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	36%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
fca	100%	DRS	65%	IRS	27%	IRS	25%	IRS	12%	IRS
cfm	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	49%	DRS	4%	DRS
ferroban	15%	DRS	71%	IRS	100%	IRS	92%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	20%	DRS
novoeste	59%	DRS	75%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS

**Tabela 75 – Insumos Veic, Telesin e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS
efvm	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	DRS
efc	35%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS
all	59%	DRS			100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
fca			71%	DRS	33%	IRS	26%	DRS	97%	DRS
cfm					100%	DRS			41%	DRS
ferroban	15%	DRS	100%	DRS			98%	DRS		
ftc	100%	DRS	100%	DRS			100%	CRS	100%	DRS
novoeste	72%	DRS	92%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se a ocorrência de resultados igual a 100% para várias DMU's ao longo dos anos e para os dois casos.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 75 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100%. Neste caso, destaca-se a FCA como a única DMU que não atingiu 100% em sequer um ano. As DMU's MRS, EFVM, EFC e FTC apresentaram 100% para todos os anos avaliados.

Nas tabelas 76 e 77, foram verificados os itens de investimento VEIC e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 76 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 77 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 76 – Insumos Veic, Telesin e produto TU**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	20%	IRS	79%	IRS	62%	IRS	74%	IRS	74%	IRS
all	24%	IRS	100%	IRS	42%	IRS	100%	IRS	3%	DRS
fca	100%	IRS	68%	IRS	27%	IRS	32%	IRS	48%	IRS
cfn	100%	CRS	100%	CRS	62%	DRS	49%	DRS	4%	DRS
ferroban	15%	IRS	85%	IRS	100%	CRS	99%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	20%	DRS
novoeste	15%	DRS	16%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS

**Tabela 77 – Insumos Veic, Telesin e produto TU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efvm	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	20%	IRS	79%	IRS	63%	DRS	74%	IRS	77%	IRS
all	35%	IRS			100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
fca			68%	IRS	49%	IRS	32%	IRS	100%	DRS
cfn					100%	DRS			21%	DRS
ferroban	15%	IRS	100%	IRS			100%	IRS		
ftc	100%	DRS	100%	DRS			100%	DRS	100%	CRS
novoeste	15%	DRS	19%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados dos anos de 2001, 2002, e 2004. A DMU FERROBAN, no ano de 2001, as DMU's ALL e CFN, no ano de 2002 e as DMU's ALL, FCA e FTC, no ano de 2004, passaram a apresentar valor igual a 100%. Nos outros anos, a alteração é sutil.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 77 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100% e uma predominância de resultados igual a 100% para as DMU's MRS, EFVM e FTC.

Nas tabelas 78 e 79, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 78 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 79 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 78 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	56%	IRS	63%	IRS	20%	IRS	21%	IRS	7%	DRS
efvm	100%	IRS	93%	IRS	100%	IRS	24%	IRS	6%	DRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	62%	IRS	12%	DRS
all	5%	DRS	12%	DRS	5%	DRS	18%	DRS	7%	DRS
fca	100%	DRS	3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS	100%	CRS	56%	DRS	100%	DRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	74%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS

**Tabela 79 – Insumos Via, Telesin e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	56%	IRS	63%	IRS	43%	IRS	21%	IRS	83%	IRS
efvm	100%	IRS	93%	IRS	100%	IRS	24%	IRS	53%	IRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	62%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS			5%	DRS	31%	DRS	7%	DRS
fca			3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS
ferroban	8%	DRS	74%	IRS			100%	IRS		
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração mais significativa nos resultados para o ano de 2004. Nos outros anos, a alteração é sutil. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark, para outras. Eliminando-se estas DMU's, o modelo define outras DMU's como eficientes e estas podem se tornar os benchmarks para as demais.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 79 mostra uma repetição de valores iguais a 100% para as DMU's EFC e FTC.

Nas tabelas 80 e 81, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 80 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 81 apresenta o resultado do cálculo sem os valores onde algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 80 – Insumos Via, Telesin e produto IA**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	31%	IRS
efc	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	12%	DRS	5%	DRS	18%	DRS	7%	DRS
fca	100%	DRS	3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS	100%	CRS	60%	DRS	100%	CRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	4%	DRS	16%	DRS	11%	DRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 81 – Insumos Via, Telesin e produto IA, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	31%	IRS
efc	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS			5%	DRS	31%	DRS	7%	DRS
fca			3%	DRS	2%	DRS	5%	DRS	2%	DRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS
ferroban	8%	DRS	5%	DRS			11%	DRS		
ftc	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, verifica-se que não houve alteração nos resultados. Qualquer alteração no resultado deve-se à eliminação de DMU's que antes eram benchmark para outras mas, neste caso, as alterações não foram significativas a ponto de uma DMU que antes era ineficiente, passar a ser.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 81 mostra o mesmo resultado da tabela 80, ou seja, mostra uma repetição de valores iguais a 100% para a DMU's FTC e para a EFC.

Nas tabelas 82 e 83, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 82 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 83 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

Tabela 82 – Insumos Via, Telesin e produto TKU

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	95%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	CRS	97%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	52%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS
fca	100%	DRS	22%	DRS	23%	IRS	18%	DRS	6%	IRS
cfm	15%	DRS	100%	DRS	56%	DRS	100%	DRS	30%	DRS
ferroban	24%	DRS	25%	DRS	100%	IRS	52%	DRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	68%	DRS	68%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

Tabela 83 – Insumos Via, Telesin e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	CRS	97%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
all	59%	DRS			100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
fca			64%	DRS	25%	DRS	18%	DRS	16%	DRS
cfm	15%	DRS			100%	DRS			42%	DRS
ferroban	24%	DRS	100%	DRS			52%	DRS		
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	73%	DRS	87%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se a ocorrência de resultados igual a 100% para várias DMU's ao longo dos anos e para os dois casos.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 83 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100%. Neste caso, destaca-se a FCA como a única DMU que não atingiu 100% em sequer um ano. Neste caso, destacam-se as DMU's MRS, EFVM, EFC, ALL e FTC, quanto à ocorrência de resultados iguais a 100%.

Nas tabelas 84 e 85, foram verificados os itens de investimento VIA e TELESIN (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 84 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 85 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 84 – Insumos Via, Telesin e produto TU**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	IRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	DRS	24%	IRS	45%	DRS	65%	IRS
all	36%	IRS	100%	IRS	77%	IRS	100%	CRS	18%	DRS
fca	100%	IRS	33%	IRS	30%	IRS	25%	DRS	8%	IRS
cfm	13%	DRS	100%	DRS	56%	DRS	100%	DRS	27%	DRS
ferroban	27%	IRS	47%	IRS	100%	IRS	68%	DRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS

**Tabela 85 – Insumos Via, Telesin e produto TU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	100%	IRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
efvm	100%	IRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	CRS	24%	DRS	45%	DRS	68%	DRS
all	36%	IRS			100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS
fca			65%	IRS	47%	DRS	25%	DRS	20%	IRS
cfm	13%	DRS			63%	DRS			27%	DRS
ferroban	27%	IRS	100%	IRS			68%	DRS		
ftc	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS						

Analisando os resultados apresentados, percebe-se uma alteração nos resultados dos anos de 2001, 2002 e 2004. A DMU FERROBAN, no ano de 2001, e a DMU ALL, nos anos de 2002 e 2004, passaram a apresentar valor igual a 100%.

Após a eliminação dos insumos que causariam uma distorção nos resultados, a tabela 85 mostra melhorias nos índices de todas as DMU's que não atingiram 100% e uma predominância de resultados igual a 100% para as DMU's MRS, EFVM, ALL e FTC.

Nas tabelas 86 e 87, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade CCOMB (produto). A tabela 86 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 87 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

Tabela 86 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	7%	IRS	14%	IRS	23%	IRS	21%	IRS	7%	DRS
efvm	100%	IRS	35%	IRS	100%	IRS	24%	IRS	6%	DRS
efc	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	62%	IRS	12%	DRS
all	5%	DRS	5%	DRS	5%	DRS	12%	DRS	7%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	1%	DRS	5%	DRS	4%	DRS
cfn	100%	DRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	6%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	IRS	45%	DRS	100%	DRS

Tabela 87 – Insumos Via, Veic e produto CCOMB, exceto DMU's com insumos zero

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	7%	IRS	14%	IRS	23%	IRS	21%	IRS	7%	DRS
efvm	100%	IRS	35%	IRS	100%	IRS	24%	IRS	6%	DRS
efc	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS	62%	IRS	12%	DRS
all	5%	DRS	5%	DRS	20%	DRS	12%	DRS	7%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	6%	DRS	5%	DRS	4%	DRS
cfn			16%	DRS	100%	DRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	6%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	CRS	45%	DRS	100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2002, resultou na alteração do índice da DMU's CFN, que passou a apresentar valor igual a 100%, pois nesse ano de 2002, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para a DMU FTC. As DMU's EFVM, EFC e FERROBAN apresentaram índice igual a 100% para 2 anos (EFVM) e 3 anos (EFC e FERROBAN).

Nas tabelas 88 e 89, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade IA (produto). A tabela 88 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 89 apresenta o resultado do cálculo sem os valores onde algum item de investimento apresentou valor zero.

Tabela 88 – Insumos Via, Veic e produto IA

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	3%	DRS	14%	DRS	6%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	4%	DRS	6%	DRS	25%	IRS
efc	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	5%	DRS	12%	DRS	7%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	1%	DRS	5%	DRS	6%	DRS
cfn	100%	CRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	3%	DRS	11%	DRS	64%	DRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	23%	DRS	45%	DRS	100%	DRS

Tabela 89 – Insumos Via, Veic e produto IA, exceto DMU's com insumos zero

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	3%	DRS	10%	DRS	22%	DRS	14%	DRS	6%	DRS
efvm	4%	DRS	7%	DRS	29%	DRS	6%	DRS	25%	IRS
efc	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	IRS
all	5%	DRS	5%	DRS	37%	CRS	12%	DRS	7%	DRS
fca	5%	DRS	2%	DRS	7%	DRS	5%	DRS	6%	DRS
cfn			16%	DRS	100%	CRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	8%	DRS	2%	DRS	19%	DRS	11%	DRS	64%	DRS
ftc	100%	CRS	100%	CRS			100%	CRS	100%	CRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	45%	DRS	100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2002, resultou na alteração do índice das DMU's CFN e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois, nesse ano de 2002, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para a DMU FTC e para a EFC. No ano de 2002, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

Nas tabelas 90 e 91, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade TKU (produto). A tabela 90 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 91 apresenta o resultado do cálculo sem os valores em que algum item de investimento apresentou valor zero.

**Tabela 90 – Insumos Via, Veic e produto TKU**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	24%	DRS	45%	IRS	88%	IRS	100%	DRS	68%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
all	6%	DRS	23%	IRS	31%	DRS	43%	DRS	29%	IRS
fca	9%	DRS	31%	IRS	11%	IRS	12%	DRS	12%	IRS
cfm	100%	DRS	38%	IRS	39%	IRS	59%	DRS	30%	DRS
ferroban	14%	DRS	23%	IRS	32%	IRS	45%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	45%	IRS	38%	DRS	54%	DRS	100%	DRS

**Tabela 91 – Insumos Via, Veic e produto TKU, exceto DMU's com insumos zero**

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	24%	DRS	45%	IRS	90%	DRS	100%	DRS	68%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	IRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	IRS
all	6%	DRS	23%	IRS	41%	DRS	43%	DRS	29%	IRS
fca	9%	DRS	31%	IRS	13%	DRS	12%	DRS	12%	IRS
cfm			38%	IRS	100%	DRS	59%	DRS	30%	DRS
ferroban	14%	DRS	23%	IRS	37%	DRS	45%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	DRS	100%	CRS			100%	DRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	45%	IRS	100%	DRS	54%	DRS	100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2002, resultou na alteração do índice das DMU's CFN e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois, nesse ano de 2002, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para as DMU's EFVM, EFC e FTC. No ano de 2002, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

Nas tabelas 92 e 93, foram verificados os itens de investimento VIA e VEIC (insumos) com o indicador de produtividade TU (produto). A tabela 92 apresenta o resultado da análise, considerando todos os dados, e a tabela 93 apresenta o resultado do cálculo sem os valores nos quais algum item de investimento apresentou valor zero.

Tabela 92 – Insumos Via, Veic e produto TU

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	37%	DRS	79%	DRS	100%	IRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	DRS	100%	DRS	62%	IRS	74%	IRS	74%	IRS
all	7%	DRS	20%	IRS	22%	DRS	28%	DRS	18%	DRS
fca	14%	DRS	50%	IRS	12%	IRS	16%	IRS	48%	IRS
cfm	100%	DRS	16%	DRS	13%	DRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	18%	DRS	35%	IRS	33%	IRS	66%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	DRS	100%	DRS	100%	CRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	23%	DRS	45%	DRS	100%	DRS

Tabela 93 – Insumos Via, Veic e produto TU, exceto DMU's com insumos zero

DMU	Resultado da Análise BCC									
	2000	Retorno	2001	Retorno	2002	Retorno	2003	Retorno	2004	Retorno
mrs	37%	DRS	79%	DRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS
efvm	100%	CRS	100%	CRS	100%	CRS	100%	IRS	100%	IRS
efc	100%	CRS	100%	DRS	63%	DRS	74%	IRS	74%	IRS
all	7%	DRS	20%	IRS	35%	DRS	28%	DRS	18%	DRS
fca	14%	DRS	50%	IRS	16%	DRS	16%	IRS	48%	IRS
cfm			16%	DRS	100%	DRS	53%	DRS	27%	DRS
ferroban	18%	DRS	35%	IRS	43%	DRS	66%	IRS	100%	CRS
ftc	100%	CRS	100%	DRS			100%	CRS	100%	DRS
novoeste	33%	DRS	34%	DRS	100%	DRS	45%	DRS	100%	DRS

Analisando os resultados apresentados, percebe-se que a eliminação da DMU FTC, no ano de 2002, resultou na alteração do índice das DMU's CFM e NOVOESTE, que passaram a apresentar valor igual a 100%, pois, nesse ano de 2002, a DMU FTC era benchmark para as demais.

Os resultados obtidos, após a eliminação dos insumos com valores iguais a zero, permitiram confirmar os índices iguais a 100% encontrados para as DMU's MRS, EFVM, EFC e FTC. No ano de 2002, houve melhoria dos índices das demais DMU's.

### 5.3.6. Análise do DEA com a agregação dos anos como DMU com defasagem de ano entre itens de investimento e indicadores de produtividade e sem restrição aos pesos

Seguindo a mesma metodologia do estudo realizado para os dados de entrada (insumos e produtos) sem defasagem de tempo, também foi elaborado o estudo que envolveu todas as DMU's, de todos os anos. Os resultados dos cálculos efetuados pelo DEA são mostrados na tabela 95.

Também para este estudo, já foram eliminadas as DMU's que apresentaram quantidades dos itens de investimento iguais a zero ou quantidades muito pequenas,

que não representavam sequer 1% do valor total investido para aquele ano. A tabela 94 mostra os resultados encontrados, as DMU's que foram eliminadas e qual o item de investimento que causou a eliminação de certas DMU's.

**Tabela 94 – Resumo dos dados e investimentos para 1 ano de defasagem.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB		IA		TKU		TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno
1	mrs	1999	2000	45%	49%	3%	8,50%	IRS	3,44%	DRS	81,15%	DRS	100,00%	IRS
2	efvm	1999	2000	63%	18%	12%	38,09%	IRS	3,66%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
4	all	1999	2000	22%	77%	2%	5,07%	DRS	5,07%	DRS	44,53%	DRS	35,96%	IRS
5	fca	1999	2000	37%	62%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cfm	1999	2000	93%	0%	6%	-	-	-	-	-	-	-	-
7	ferroban	1999	2000	37%	49%	10%	8,22%	DRS	8,22%	DRS	23,64%	DRS	23,71%	DRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
9	novoeste	1999	2000	40%	55%	2%	32,77%	DRS	32,77%	DRS	62,89%	DRS	32,77%	DRS
10	mrs	2000	2001	45%	78%	4%	19,29%	IRS	9,69%	DRS	98,20%	DRS	100,00%	DRS
11	efvm	2000	2001	12%	75%	8%	32,50%	IRS	7,28%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
12	efc	2000	2001	5%	72%	20%	61,74%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS	66,95%	DRS
13	all	2000	2001	26%	72%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
14	fca	2000	2001	65%	32%	2%	1,81%	DRS	1,81%	DRS	32,49%	DRS	39,71%	IRS
15	cfm	2000	2001	78%	21%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
16	ferroban	2000	2001	57%	40%	1%	4,55%	IRS	2,70%	DRS	38,36%	DRS	52,28%	IRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
18	novoeste	2000	2001	39%	51%	3%	33,69%	DRS	33,69%	DRS	53,89%	DRS	33,69%	DRS
19	mrs	2001	2002	11%	40%	6%	6,65%	IRS	2,58%	DRS	55,94%	DRS	71,71%	IRS
20	efvm	2001	2002	27%	52%	17%	16,65%	IRS	3,41%	DRS	84,78%	IRS	99,06%	IRS
21	efc	2001	2002	71%	19%	8%	18,61%	IRS	0,79%	DRS	28,72%	DRS	17,25%	IRS
22	all	2001	2002	37%	60%	1%	4,21%	DRS	4,21%	DRS	64,39%	DRS	52,92%	IRS
23	fca	2001	2002	55%	43%	1%	1,32%	DRS	1,32%	DRS	20,73%	DRS	27,55%	IRS
24	cfm	2001	2002	87%	10%	1%	45,48%	DRS	45,48%	DRS	87,74%	DRS	45,48%	DRS
25	ferroban	2001	2002	59%	40%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
26	ftc	2001	2002	89%	0%	3%	-	-	-	-	-	-	-	-
27	novoeste	2001	2002	51%	46%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
28	mrs	2002	2003	53%	69%	7%	14,51%	IRS	6,31%	DRS	86,97%	DRS	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2003	24%	61%	13%	14,77%	IRS	2,83%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
30	efc	2002	2003	36%	31%	30%	48,27%	IRS	100,00%	DRS	65,69%	IRS	41,59%	DRS
31	all	2002	2003	32%	64%	1%	8,46%	DRS	8,46%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS
32	fca	2002	2003	53%	39%	4%	2,18%	DRS	2,18%	DRS	16,97%	DRS	22,01%	IRS
33	cfm	2002	2003	44%	51%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
34	ferroban	2002	2003	63%	32%	4%	100,00%	IRS	5,09%	DRS	59,55%	DRS	68,94%	IRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
36	novoeste	2002	2003	64%	35%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-
37	mrs	2003	2004	32%	63%	4%	7,78%	IRS	2,84%	DRS	64,99%	DRS	86,65%	IRS
38	efvm	2003	2004	11%	82%	6%	10,05%	IRS	17,80%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
39	efc	2003	2004	27%	48%	21%	21,73%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS	27,12%	IRS
40	all	2003	2004	38%	58%	1%	5,55%	DRS	5,81%	DRS	85,68%	DRS	80,10%	IRS
41	fca	2003	2004	72%	10%	4%	1,19%	DRS	1,19%	DRS	16,06%	DRS	19,78%	IRS
42	cfm	2003	2004	46%	52%	1%	19,43%	DRS	20,74%	DRS	28,81%	DRS	19,43%	DRS
43	ferroban	2003	2004	81%	22%	-2%	-	-	-	-	-	-	-	-
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
45	novoeste	2003	2004	91%	9%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-

A próxima tabela, tabela 95, é a compilação da tabela anterior, em que foram eliminadas as linhas com investimentos iguais a zero e as linhas que não obtiveram resultado igual a 100%. Foram destacados os valores nos quais os resultados apresentaram índice de 100%.

É possível perceber, na tabela 95, que as DMU's que obtiveram resultado igual a 100%, são, basicamente, as DMU's cujos principais produtos transportados são minérios. Nos anos de 2000 e 2001, destacam-se as DMU's MRS, EFVM, EFC e FTC, no ano de 2003, além da MRS, EFVM, EFC e FTC, aparecem também a ALL e

FERROBAN. No ano de 2004, as DMU's que se destacaram foram novamente a EFVM, EFC e FTC.

**Tabela 95 – Resultados com DMU's que obtiveram 100% em algum indicador de produtividade, com defasagem de 1 ano entre o ano do investimento e o ano do resultado operacional.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB		IA		TKU		TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno	Efic	Retorno
1	mrs	1999	2000	45%	49%	3%	8,50%	IRS	3,44%	DRS	81,15%	DRS	100,00%	IRS
2	efvm	1999	2000	63%	18%	12%	38,09%	IRS	3,66%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	CRS
10	mrs	2000	2001	45%	78%	4%	19,29%	IRS	9,69%	DRS	98,20%	DRS	100,00%	DRS
11	efvm	2000	2001	12%	75%	8%	32,50%	IRS	7,28%	DRS	100,00%	CRS	100,00%	CRS
12	efc	2000	2001	5%	72%	20%	61,74%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS	66,95%	DRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	CRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
28	mrs	2002	2003	53%	69%	7%	14,51%	IRS	6,31%	DRS	86,97%	DRS	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2003	24%	61%	13%	14,77%	IRS	2,83%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
30	efc	2002	2003	36%	31%	30%	48,27%	IRS	100,00%	DRS	65,69%	IRS	41,59%	DRS
31	all	2002	2003	32%	64%	1%	8,46%	DRS	8,46%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS
34	ferroban	2002	2003	63%	32%	4%	100,00%	IRS	5,09%	DRS	59,55%	DRS	68,94%	IRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS
38	efvm	2003	2004	11%	82%	6%	10,05%	IRS	17,80%	DRS	100,00%	IRS	100,00%	IRS
39	efc	2003	2004	27%	48%	21%	21,73%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	IRS	27,12%	IRS
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	IRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS	100,00%	DRS

Buscando a segmentação da análise, dentro dos resultados obtidos na tabela 95, foram separados os resultados com 100% para cada item de investimento analisado.

A tabela 96 apresenta os resultados para o item de investimento CCOMB.

**Tabela 96 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade CCOMB.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			CCOMB	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	CRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	CRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	CRS
34	ferroban	2002	2003	63%	32%	4%	100,00%	IRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	IRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>61%</b>	<b>27%</b>	<b>8%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença maciça da FTC em quase todos os casos em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 60,8%, para VEIC é igual a 26,5% e para TELESIN é igual a 8,5%.

Para o item de investimento IA, os resultados da análise estão apresentados na tabela 97.

Tabela 97 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade IA.

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			IA	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	DRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	DRS
12	efc	2000	2001	5%	72%	20%	100,00%	DRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	DRS
30	efc	2002	2003	36%	31%	30%	100,00%	DRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	DRS
39	efc	2003	2004	27%	48%	21%	100,00%	DRS
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	DRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>46%</b>	<b>35%</b>	<b>15%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da EFC e FTC em todos os casos em que o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 46,3%, para VEIC é igual a 34,8% e para TELESIN é igual a 14,8%.

Para o item de investimento TKU, os resultados da análise estão apresentados na tabela 98.

Tabela 98 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TKU.

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			TKU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
2	efvm	1999	2000	63%	18%	12%	100,00%	CRS
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	CRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	DRS
11	efvm	2000	2001	12%	75%	8%	100,00%	CRS
12	efc	2000	2001	5%	72%	20%	100,00%	IRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	DRS
29	efvm	2002	2003	24%	61%	13%	100,00%	IRS
31	all	2002	2003	32%	64%	1%	100,00%	DRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	DRS
38	efvm	2003	2004	11%	82%	6%	100,00%	IRS
39	efc	2003	2004	27%	48%	21%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	DRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>40%</b>	<b>46%</b>	<b>11%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas", é possível notar a presença da EFVM, EFC e FTC em quase todos os casos nos quais o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 39,7%, para VEIC é igual a 45,8% e para TELESIN é igual a 10,7%.

Para o item de investimento TU, os resultados da análise estão apresentados na tabela 99.

**Tabela 99 – Resumo dos dados e resultados para indicador de produtividade TU.**

Id	DMU	ANO		INVESTIMENTO			TU	
		inv	prod	VIA	VEIC	Telesin	Efic	Retorno
1	mrs	1999	2000	45%	49%	3%	100,00%	IRS
2	efvm	1999	2000	63%	18%	12%	100,00%	CRS
3	efc	1999	2000	3%	58%	36%	100,00%	CRS
8	ftc	1999	2000	74%	15%	2%	100,00%	CRS
10	mrs	2000	2001	45%	78%	4%	100,00%	DRS
11	efvm	2000	2001	12%	75%	8%	100,00%	CRS
17	ftc	2000	2001	82%	7%	4%	100,00%	DRS
28	mrs	2002	2003	53%	69%	7%	100,00%	IRS
29	efvm	2002	2003	24%	61%	13%	100,00%	IRS
31	all	2002	2003	32%	64%	1%	100,00%	IRS
35	ftc	2002	2003	90%	2%	4%	100,00%	DRS
38	efvm	2003	2004	11%	82%	6%	100,00%	IRS
44	ftc	2003	2004	53%	45%	1%	100,00%	DRS
<b>MÉDIA =</b>				<b>45%</b>	<b>48%</b>	<b>8%</b>		

Verificando as DMU's "finalistas" é possível notar a presença da MRS, EFVM, EFC e FTC em quase todos os casos onde o resultado foi igual a 100%. Neste caso, a média de investimentos para VIA é igual a 45,2%, para VEIC é igual a 47,9% e para TELESIN é igual a 7,8%.

### 5.3.7. Análise geral

Os resultados obtidos mostram pouca variação quanto ao número de ocorrências de valores iguais a 100% para as DMU's em questão. A análise, considerando a diferença de 01 ano, obteve resultados próximos daqueles obtidos na análise sem a consideração de diferenças, no período de aplicação do investimento e de apuração do resultado operacional da ferrovia.

O conjunto de tabelas agrupado na tabela 100 mostra a quantidade de ocorrências de valores iguais a 100% para as DMU's, sem consideração da defasagem do tempo. Como exemplo para a comparação, os dados apresentados mostram que as DMU's EFC e FTC apresentam maiores ocorrências de valores iguais a 100%, quando comparadas com as outras DMU's, para a avaliação do indicador de produtividade CCOMB.

**Tabela 100 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise sem a defasagem entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.**

Para indicador de produção CCOMB					Para indicador de produção IA				
DMU	Itens de investimento			MÉDIA	DMU	Itens de investimento			MÉDIA
	VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC			VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC	
MRS	1	0	0	0,33	MRS	0	0	0	0,00
EFVM	2	3	2	2,33	EFVM	1	1	1	1,00
EFC	5	6	4	5,00	EFC	4	5	5	4,67
ALL	1	0	0	0,33	ALL	0	0	0	0,00
FCA	0	0	0	0,00	FCA	0	0	0	0,00
CFN	1	0	1	0,67	CFN	1	0	1	0,67
FERROBAN	2	1	3	2,00	FERROBAN	0	0	0	0,00
FTC	5	6	5	5,33	FTC	5	6	5	5,33
NOVOESTE	1	1	2	1,33	NOVOESTE	1	1	2	1,33

Para indicador de produção TKU					Para indicador de produção TU				
DMU	Itens de investimento			MÉDIA	DMU	Itens de investimento			MÉDIA
	VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC			VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC	
MRS	5	4	1	3,33	MRS	6	6	4	5,33
EFVM	6	6	6	6,00	EFVM	6	6	6	6,00
EFC	5	6	6	5,67	EFC	0	3	3	2,00
ALL	4	4	1	3,00	ALL	4	4	0	2,67
FCA	0	0	0	0,00	FCA	1	0	0	0,33
CFN	1	1	1	1,00	CFN	1	0	1	0,67
FERROBAN	1	0	2	1,00	FERROBAN	0	0	2	0,67
FTC	5	6	5	5,33	FTC	5	6	5	5,33
NOVOESTE	1	1	3	1,67	NOVOESTE	1	1	2	1,33

Esta quantificação também foi realizada para os resultados encontrados na análise geral e está apresentada na tabela 101.

**Tabela 101 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise geral, sem a defasagem entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.**

Para indicador de produção CCOMB		Para indicador de produção IA		Para indicador de produção TKU		Para indicador de produção TU	
DMU	Itens de investimento	DMU	Itens de investimento	DMU	Itens de investimento	DMU	Itens de investimento
	VIA, VEIC e TELESIN		VIA, VEIC e TELESIN		VIA, VEIC e TELESIN		VIA, VEIC e TELESIN
MRS	0	MRS	0	MRS	0	MRS	3
EFVM	1	EFVM	0	EFVM	4	EFVM	6
EFC	4	EFC	3	EFC	3	EFC	1
ALL	0	ALL	0	ALL	1	ALL	1
FCA	0	FCA	0	FCA	0	FCA	0
CFN	0	CFN	0	CFN	0	CFN	0
FERROBAN	1	FERROBAN	0	FERROBAN	0	FERROBAN	0
FTC	4	FTC	4	FTC	4	FTC	4
NOVOESTE	0	NOVOESTE	0	NOVOESTE	1	NOVOESTE	0

Permanecendo a exemplificação da análise com o item de investimento CCOMB, novamente as DMU's EFC e FTC apresentaram maiores quantidades de repetição de valores iguais a 100% quando comparadas as demais DMU's.

Quando a mesma comparação é realizada para os demais itens de investimento, IA e TU, é possível obter a mesma conclusão. Porém, quando esta análise é realizada para o indicador de produtividade TKU, nota-se a ausência de resultados iguais a 100% para a DMU MRS na tabela da análise geral. Este novo resultado é devido a novas comparações efetuadas pelo DEA, devido à presença de novas DMU's no modelo geral.

Esta mesma análise foi realizada para o estudo onde foi considerada a diferença de 01 ano entre a aplicação do investimento e a apuração dos índices de produtividades medidos pelos indicadores em questão.

As tabelas agrupadas como tabela 102 mostram as quantidades de repetição dos valores iguais a 100% encontrados para o caso anteriormente descrito. A mesma comparação, efetuada para o modelo sem defasagem no tempo, pode ser realizada para este caso. As DMU's EFC e FTC destacam-se quanto à repetição de resultados iguais a 100% para a análise do indicador CCOMB.

**Tabela 102 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise considerando diferença de 01 ano entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.**

Para indicador de produção CCOMB					Para indicador de produção IA				
DMU	Itens de investimento			MÉDIA	DMU	Itens de investimento			MÉDIA
	VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC			VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC	
MRS	0	0	0	0,00	MRS	0	0	0	0,00
EFVM	1	2	2	1,67	EFVM	0	0	0	0,00
EFC	4	4	3	3,67	EFC	4	5	5	4,67
ALL	1	0	0	0,33	ALL	0	0	0	0,00
FCA	0	0	0	0,00	FCA	0	0	0	0,00
CFN	1	0	1	0,67	CFN	1	0	1	0,67
FERROBAN	1	1	3	1,67	FERROBAN	0	0	0	0,00
FTC	4	5	4	4,33	FTC	4	5	4	4,33
NOVOESTE	0	0	2	0,67	NOVOESTE	0	0	2	0,67

Para indicador de produção TKU					Para indicador de produção TU				
DMU	Itens de investimento			MÉDIA	DMU	Itens de investimento			MÉDIA
	VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC			VEIC e TELESIN	VIA e TELESIN	VIA e VEIC	
MRS	5	5	1	3,67	MRS	5	6	4	5,00
EFVM	5	5	5	5,00	EFVM	5	6	6	5,67
EFC	4	4	5	4,33	EFC	0	3	3	2,00
ALL	3	3	0	2,00	ALL	3	4	0	2,33
FCA	0	0	0	0,00	FCA	1	0	0	0,33
CFN	1	0	1	0,67	CFN	1	0	1	0,67
FERROBAN	1	1	1	1,00	FERROBAN	2	0	2	1,33
FTC	4	5	4	4,33	FTC	4	6	5	5,00
NOVOESTE	0	0	2	0,67	NOVOESTE	0	1	2	1,00

Para os resultados da análise geral para este caso, também foram elaboradas as tabelas como no caso anterior (sem defasagem de tempo), os resultados estão apresentados na tabela 103.

**Tabela 103 – Quantidade de vezes em que as DMU's apresentam resultado igual a 100% para a análise considerando diferença de 01 ano entre os anos de investimento e os anos de apuração dos resultados.**

Para indicador de produção CCOMB		Para indicador de produção IA		Para indicador de produção TKU		Para indicador de produção TU	
DMU	Itens de investimento VIA, VEIC e TELESIN	DMU	Itens de investimento VEIC e TELESIN	DMU	Itens de investimento VEIC e TELESIN	DMU	Itens de investimento VEIC e TELESIN
MRS	0	MRS	0	MRS	0	MRS	3
EFVM	0	EFVM	0	EFVM	4	EFVM	4
EFC	1	EFC	4	EFC	3	EFC	1
ALL	0	ALL	0	ALL	1	ALL	1
FCA	0	FCA	0	FCA	0	FCA	0
CFN	0	CFN	0	CFN	0	CFN	0
FERROBAN	1	FERROBAN	0	FERROBAN	0	FERROBAN	0
FTC	4	FTC	4	FTC	4	FTC	4
NOVOESTE	0	NOVOESTE	0	NOVOESTE	1	NOVOESTE	0

A mesma conclusão da análise das tabelas 98 e 99 pode ser extrapolada para as tabelas 102 e 103. Apenas como exemplo, as DMU's que se destacam nas tabelas 102 e 103 para o item de investimento IA são EFC e FTC.

Partindo para a comparação entre os resultados obtidos para os dois casos, sem e com intervalo de tempo entre os anos de aplicação do investimento e apuração dos resultados, é possível constatar pouca variação das ocorrências de valores iguais a 100%, para cada indicador de produtividade.

Portanto, face à necessidade de realização de qualquer investimento, seria interessante o acompanhamento dos resultados de produtividade e do montante de investimentos realizados nas seguintes DMU's, conforme mostra a Tabela 104.

**Tabela 104 – DMU's que se destacaram na avaliação dos indicadores de produtividade.**

Indicadores de produtividade	DMU's
Consumo de Combustível - CCOMB	EFC e FTC
Índice de Acidentes - IA	EFC e FTC
Tonelada Quilômetro Útil - TKU	EFVM, EFC e FTC
Tonelada Útil - TU	MRS, EFVM e FTC

Aqui, vale ressaltar que cada DMU's apresenta diferentes características, intrínsecas ao tipo de carga que transporta como, por exemplo a frequência do transporte, a velocidade de tráfego, os tipos de material rodante e inúmeras outras.

Tomando como exemplo a DMU FTC, que apresentou a maioria dos resultados iguais a 100%, é importante destacar a característica de sua operação, basicamente voltada para atender a um cliente específico, fato que foca os investimentos para o atendimento à demanda de poucos tipos de carga. Além desta particularidade, juntamente com a DMU EFC, a FTC apresenta malha simplificada, fato que pode

evidenciar as melhorias causadas por investimentos de forma mais acentuada que nas demais DMU's, em que, por exemplo, o investimento em determinado ramal pouco afeta os indicadores de produtividade, devido ao principal tráfego ser realizado num outro segmento da linha.

Uma particularidade quanto a aplicação da técnica DEA deve-se ao fator limitante do número de DMU's em função das quantidades de insumos e produtos. No caso deste trabalho, com 09 (nove) DMU's, 01 (um) produto e 02 (dois) insumos, a eliminação de sequer uma DMU acarreta em quantidade inferior daquele recomendado, que deve ser de no mínimo três vezes a soma da quantidade de insumos e produtos.

## 6. Conclusão

Com o intuito de aumentar a oferta e melhoria de serviços, o Governo Federal colocou em prática ações voltadas para a privatização, concessão e delegação de serviços públicos de transporte a Estados, Municípios e Iniciativa Privada.

Dentre essas ações, a desestatização do setor ferroviário trouxe de volta os investimentos então exauridos pelo Governo. Logo, o Governo passa a exercer papel fiscalizador sobre as concessionárias ferroviárias de carga.

Contratualmente, as concessionárias ferroviárias de carga necessitam atingir metas de produtividade e de redução do índice de acidentes. Daí a necessidade de apresentação de um plano de investimentos a ANTT, que o verificará e o aprovará, de forma coerente com as metas de produção e segurança acordadas com as concessionárias, visando a melhoria constante do serviço prestado aos usuários, com foco na redução dos custos e crescente confiabilidade do transporte ferroviário de cargas.

Além das obrigações contratuais, o transporte tem grande importância na composição do custo final dos produtos, principalmente daqueles destinados ao comércio exterior, no qual a competição é mais intensa. É de conhecimento geral que o transporte ferroviário é vantajoso, quando comparado a outros modais, no transporte de grandes volumes e grandes massas a grandes distâncias. A eficiência do transporte ferroviário, num país de vasta extensão como o Brasil, é de vital importância para tornar os produtos destinados ao comércio exterior competitivos, favorecendo a exportação, contribuindo de forma positiva para a economia do país.

Tal importância dada ao transporte ferroviário tem levado à pesquisa de sistemas de gestão mais eficientes, buscando ferramentas que auxiliem, de forma rápida e clara, o processo de tomada de decisões. Dentre os métodos utilizados para medir a eficiência, a Análise Envoltória de Dados – DEA tem-se mostrado adequada, em razão de certas vantagens – permite identificar um conjunto de DMU's eficientes para cada DMU ineficiente; trabalha com múltiplas variáveis; não exige informações sobre os preços dos produtos e insumos, entre outras. Contudo, seus resultados são restritos ao grupo de organizações em estudo.

## **6.1. Conclusões finais**

Conforme conclui Dos Santos (2007), o DEA permite identificar uma fronteira de produção empírica, com base nas unidades de melhor prática e, a partir dessa fronteira, identifica as unidades ineficientes, em termos relativos, medindo a magnitude das ineficiências e descobrindo formas para reduzi-las pela comparação destas com as eficientes. Assim, a aplicação da técnica sobre os dados disponíveis nos Relatórios Anuais de Concessão da ANTT permitiu o estabelecimento de fronteira de eficiência, fornecendo referências para unidades relativamente ineficientes, de forma a guiá-las para a eficiência (fronteira).

Após a análise dos resultados, constatou-se que é possível realizar comparações e destacar níveis de eficiência, propiciando informação adicional para tomar decisões. O estudo revelou que empresas, hoje, com operação reconhecidamente precária do ponto de vista de investimentos, são reveladas eficientes, gerando ruído aos resultados, causando sua eliminação do quadro de DMU's. Neste caso, o DEA apresenta fragilidade, que pode ser tratada com a investigação prévia das características atuais da DMU.

O método serve como instrumento de auxílio aos gestores de investimentos, pois traz informações direcionadas a sistemas mais eficientes, assegurando que os recursos sejam aplicados de forma mais eficiente para o atendimento de metas ou melhorias para atendimento a demandas.

Com a segmentação do estudo entre DMU's do mesmo ano e estudo com todas as DMU's, foi possível constatar que a eficiência, na aplicação dos recursos, não depende do porte da empresa, pelo contrário, empresas com menores estruturas e com demanda de transporte garantida tendem a ser mais eficientes. A verificação dos resultados, quanto a períodos diferenciados para a aplicação do investimento e a apuração do resultado, apresentou resultados próximos daqueles encontrados no primeiro caso, onde não foi realizada tal diferenciação.

## **6.2. Recomendações para estudos futuros**

Este estudo foi realizado com dados compreendidos entre os anos de 1999 e 2004, ou seja, no período de reestruturação do setor ferroviário brasileiro, período em que

as concessionárias ferroviárias de carga assumiram o controle da operação e passaram a realizar investimentos no setor. Com base nessa informação, sugere-se a realização do mesmo estudo, com aplicação do DEA, utilizando-se uma base de dados gerada após este período. Espera-se que com estes novos dados, seja possível melhor explicitar as correspondências entre os itens de investimento e os indicadores de produtividade.

Além deste estudo, outros poderão ser desenvolvidos com a utilização de importantes indicadores ferroviários não incluídos neste trabalho, como, por exemplo, a velocidade média de tráfego, o número de locomotivas e vagões, a densidade média de tráfego, o produto médio e outros.

Seguindo a linha de raciocínio, com o passar dos anos, após a obtenção de dados suficientes para permitir a calibração de um modelo com utilização de metodologias de auto-aprendizagem como Redes Neurais ou Algoritmo Genético, será permitida a criação de um modelo, calibrado com estes dados.

Outra possibilidade é a análise dos dados considerando a os investimentos acumulados ao longo dos anos, fato que elimina as ocorrências de valores iguais a zero para os investimentos.

## Bibliografia

ADLER, H.A. Economic Appraisal of Transport Projects. A Manual With Case Studies. EDI Series in Economic Development, edição revisada e ampliada, 1987.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Relatório Anual das Concessões Ferroviárias. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/relatorios/ferroviario/concessionarias2004/index.asp>>. Acesso em 12 dez 2006.

Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resumo da Evolução do Transporte ferroviário de Cargas. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/relatorios/ferroviario/relatorios.asp>>. Acesso em 12 dez 2006.

Agencia Nacional de Transportes Terrestres. Transporte de Passageiros. <http://www.antt.gov.br/passageiro/apresentacaopas.asp>. Acessado em 10 de abril de 2007.

AIGNER, D. J. C.; LOVELL, A. K.; SCHIMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production functions models. *Journal of Econometrics*, v.6, p.21-37, 1977.

AIGNER, D. J. C; CHU, S. F. On estimating the industry production function. *American Economic Review*, v.13, n.3, p.568-598, 1972.

ANGULO MEZA, L. Um enfoque multiobjetivo para os modelos de determinação de alvos na Análise Envoltória de Dados. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF <[www.antf.org.br](http://www.antf.org.br)>. Acesso em 12 dez 2006.

BANKER, R. D.; Charners; COOPER, W. Some Models for Estimating Technical and Scale Ineficiencies in Data Envelopment Analysis". *Managment Science*, n. 30, p. 1078-1092, 1984.

BARRETO, Flávio A; MARINHO, Emerson; OLIVEIRA, Tereza. Abertura econômica e o desempenho da produtividade na indústria brasileira de 1985-1996: uma abordagem utilizando o índice de Malmquist e a teoria da fronteira estocástica. In: FÓRUM DE ECONOMIA, 2003. Anais... BNB: Salvador, 2003. Disponível em: <[http://www.bnb.gov.br/projforumeconomia/docs/MESA\\_1\\_ART\\_1.pdf](http://www.bnb.gov.br/projforumeconomia/docs/MESA_1_ART_1.pdf)> Acesso em: 10 jan. 2007.

BATTESE, George E.; PRASADA RAO, D. S.; WALUJADI, Dedi. Technical efficiency and productivity potential of firms using a stochastic metaproduction frontier. In: EUROPEAN WORKSHOP ON EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY ANALYSIS, 7, 2001, Oviedo. Efficiency Series Paper 8/2001. Oviedo: Universidad de Oviedo, 2001. Disponível em: <<http://www.uniovi.es/eficiencia/pdf/esp0801.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2006.

BATTESE, George E.; PRASADA RAO, D.S. Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function. *International Journal of Business and Economics*, Taichung, v.1, n.2,

p.87-93, 2002. Disponível em: < <http://www.ijbe.org/table%20of%20content/pdf/vol1-2/01.pdf>> Acesso em: 02 maio 2007.

BRANCO, J.E.S.C. Indicadores da Qualidade e Desempenho de Ferrovias (Carga e Passageiros). ANTF – Associação Nacional dos Transportes Ferroviários, Rio de Janeiro, 1998.

CHARNES, A.; COOPER, W.W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 1978, 429-444 citado em MELLO, J.C.C.B.S.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; SERAPIÃO, B.P.; LINS, M.P.E. Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v.23,n.2, p.325-345, maio a agosto de 2003.

COELLI, T. A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Econometrics. University of New England, 1996.

COOPER, William C.; SEIFORD, Lawrence M.; TONE, Kaoru. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software*. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1999.

DOS ANJOS, M. A. Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil brasileira no anos 90. Florianópolis 2005. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

DOS SANTOS, P. F. Análise de eficiência do transporte rodoviário interestadual de passageiros por ônibus no Brasil. Vitória 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

DUARTE, J.; MACEDO, P. B. R. Fronteira tecnológica e eficiência técnica na indústria brasileira: desempenho e tendências no período de 1986-1995. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 29, 2001, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: ANPEC, 2001. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2001/artigos/200104373.pdf>>. Acesso em: 19.02.2007.

FARREL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Séries A*, 120, part 3, 1957, p. 253-281.

FAVA, V. L. Análise de Séries de Tempo. In: VASCONCELLOS, Marco; ALVES, Denisard (Coordenadores). *Manual de econometria*. São Paulo: Atlas, 2000.

GOLANY, B.; ROLL Y. An Application Procedure For DEA. *Omega (Uk)*,v.17, n. 3, p. 237-50, 1989.

LINS, M.P.E.; ANGULO MEZA, L.; SILVA, A.C.M. A multi-objective approach to determine alternative targets in data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, v. 55, p. 1090-1101, 2004.

MARQUES, S. A. – Privatização do sistema ferroviário brasileiro, 1996. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/pub/td/td\\_434.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_434.pdf)>.

MELGAREJO, Leonardo. Desempenho, eficiência multidimensional e previsão de possibilidade de sucesso em assentamentos de reforma agrária. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MELLO, J. C.C.S.B.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. Análise Envoltória de Dados no Estudo da Eficiência e Benchmarks para Companhias Aéreas Brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v 23, n.2, p 325-345, 2003.

REVISTA FERROVIÁRIA, 2006. A “locomotiva” ALL chega ao Centro-Oeste. *Revista Ferroviária*, pp 06.

RODRIGUES, F. A. H, 1990, Uma Proposta Metodológica Para a Avaliação do Desempenho de Sistemas Ferroviários Urbanos, Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SALIBY, Eduardo. **Workshop de Logística**. COPPEAD/UFRJ, SPOLM, 2004.

SILVA, Almir B.; MARINHO, Emerson. Eficiência técnica, progresso tecnológico e crescimento da produtividade total dos fatores na América Latina: a abordagem de fronteira estocástica de produção. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA, 31, 2003, Porto Seguro. Anais... Rio de Janeiro: ANPEC, 2003.

SILVA, Almir B.; MARINHO, Emerson. Produtividade e Crescimento Econômico da América Latina: a Abordagem da Fronteira Estocástica de Produção. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMETRIA, 24, 2002. Nova Friburgo. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Econometria, 2002. Disponível em: <<http://www.anpec.gov.br/encontro2003/artigos/B28.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2005.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; ANGULO MEZA, L.; GOMES, E.G.; SERAPIÃO, B.P.; LINS, M.P.E. Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v. 23, n. 2, p. 325-345, 2003b.

SOLOMON, B. – Railroad Signaling – MBI Publishing Company, St. Paul, USA, 2003.

SOLOMON, B. – Railway Maintenance - The Men and Machines That Keep the Railroads Running – MBI Publishing Company, St. Paul, USA, 2001.

TAVARES, M. P. e CAMPOS, V. B. G. - Propuesta de Un Mecanismo para Supervisar Los Activos Operacionales Arrendados en Las Concesiones Ferroviarias. Disponível em: [http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(18\)ativosoperacionais.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(18)ativosoperacionais.pdf). Acesso em 25 maio 06.

TAKASHINA, N. T. e FLORES, M. C. X., 1996, Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados, 1 ed., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Qualitymark.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)