

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA TÉCNICA EM CONCESSIONÁRIAS DE
RODOVIAS UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Rodrigo Panizzi Possamai

Porto Alegre, 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA TÉCNICA EM CONCESSIONÁRIAS DE
RODOVIAS UTILIZANDO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Rodrigo Panizzi Possamai

Orientador: Professor Luiz Afonso dos Santos Senna, Ph.D.

Co-orientador: Professor Emilio Merino, Dr.

Banca Examinadora:

Ana Maria Volkmer De Azambuja Da Silva, Dra.

DMAT / FURG

Christine Tessele Nodari, Dra.

PPGEP / UFRGS

João Fortini Albano, Dr.

PPGEP / UFRGS

Leonardo Melgarejo, Dr.

EMATER / INCRA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Área de concentração: Sistemas de Transportes

Porto Alegre, agosto de 2006

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, Ph.D.

PPGEP / UFRGS

Orientador

Prof. Emilio Merino, Dr.

PPGEP / UFRGS

Co-orientador

Prof. Luis Antônio Lindau, Ph.D.

Coordenador PPGEP / UFRGS

Banca Examinadora:

Ana Maria Volkmer De Azambuja Da Silva, Dra.

DMAT / FURG

Christine Tessele Nodari, Dra.

PPGEP / UFRGS

João Fortini Albano, Dr.

PPGEP / UFRGS

Leonardo Melgarejo, Dr.

EMATER / INCRA

DEDICATÓRIA

A meus pais Flávia e Joemir, e meu irmão Felipe,

*por compreender meu afastamento temporário em função deste trabalho,
por toda a minha formação cultural, ética e responsável, ensinando os verdadeiros
valores da vida e do convívio em sociedade,
por sempre me apoiarem e principalmente,
porque devo a vocês tudo que tenho e que sou até hoje.
Muito obrigado por tudo. Amo vocês !*

A minha querida namorada Daniela Tesche,

*por sempre acreditar em meu potencial e estar ao meu lado,
dando apoio incondicional em todos os momentos e
trazendo muita felicidade.
Muito obrigado. Te amo muito e tu sabes disso.*

Aos demais familiares,

por torcerem muito por mim.

A meus colegas e amigos,

pelo apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

*Aos meus professores orientadores: Luis Afonso Senna e Emílio Merino,
pelo apoio, dedicação e por sempre acreditar no meu trabalho.*

*Aos professores da banca examinadora,
por suas contribuições para o aperfeiçoamento do trabalho.*

*Aos Professores: Leonardo Melgarejo e Ana Maria Volkmer De Azambuja Da Silva,
pela dedicação e amizade, estimulando o desenvolvimento deste estudo com suas
ricas contribuições.*

*Ao colega de graduação, mestrado e trabalho: Rafael da Silva Schmitt,
por ser um grande amigo e por toda sua ajuda.*

*Aos colegas: Cristiano Della Giustina, Daniela Facchini e Paula Ariotti,
pelo apoio nos momentos que precisei, demonstrando ser muito amigos.*

*Aos colegas e grandes amigos: Érico Reis Guzen e João Marques Rosa Neto,
pelo apoio e incentivo, participando diretamente no ingresso neste mestrado.*

*Ao colega e amigo: André Geraldi Mânica,
pela ajuda no levantamento de dados para esta pesquisa.*

A todos amigos do Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN.

*Ao meu amigo Vagner Rinaldi,
pelo apoio moral e técnico contribuindo para a finalização deste trabalho.*

*Aos colegas de trabalho,
pela ajuda e compreensão para a finalização do trabalho.*

*A todos os amigos,
que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho;*

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES),

A Deus, pelo apoio espiritual.

*E aos que acreditavam e não acreditavam neste trabalho,
todos vocês contribuíram de alguma forma.*

“Quando você pode medir aquilo que está falando e isso pode ser expresso em números, você sabe alguma coisa disso...”

Lord kelvin (1824-1907)

e

“As Limitações são fronteiras criadas pela nossa mente.” (Provérbio Chinês)

RESUMO

Este estudo visa avaliar o desempenho do sistema através da análise de eficiência no setor de Concessões de Rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, foi utilizada como técnica de medição a Análise Envoltória de Dados (DEA), a qual mede a eficiência relativa entre unidades comparáveis. Neste estudo, foram utilizadas as variáveis de insumos que melhor representam as decisões gerenciais das empresas. Desta forma, foram construídos quatro modelos para análise, considerando dois diferentes pontos de vista: do empresário e do gestor do sistema. Os dados financeiros e qualitativos utilizados nos modelos foram obtidos de fontes oficiais. As análises tiveram como foco a evolução do desempenho das concessionárias ao longo dos anos de contrato para um período de quatro anos, bem como a avaliação de eficiência de escala e a correlação de resultados financeiros com indicadores qualitativos. Em relação à DEA, os modelos foram orientados para a redução na utilização de insumos, considerando tecnologia de retornos variáveis e questões relativas à escala. Os resultados deste trabalho podem auxiliar na tomada de decisões dos fornecedores do serviço e do gestor (órgão regulador) das concessões, uma vez que fornecem informações relevantes decorrentes do uso de instrumentos analíticos ainda pouco explorados.

Palavras-chave: eficiência, concessões rodoviárias, Análise Envoltória de Dados, DEA.

ABSTRACT

This study aims to evaluate system performance through the efficiency analysis of Highways Concessions' sector of Rio Grande do Sul State. Thus, as measurement technique, the Data Envelopment Analysis (DEA) was used, which measures the relative efficiency among comparable units. This study used the input variables that better represent the management decisions of the companies. In this way, four models were built for analysis, considering two different points of view: the undertaker and the manager of the system. The financial and qualitative data used in the models were obtained from official sources. The analyses had as focus the performance evolution of the concessionaires along the years of contract for a period of four years, as well as the evaluation of scale efficiency and the correlation of financial results with qualitative indicators. Related to DEA, the models were oriented to inputs use reduction, considering technology of variable returns and scale factors. The results of this work can aid in the decision making of the service suppliers and the manager (regulatory sector) of the concessions, once they provide relevant information due to the use of analytical instruments still not much explored

Keywords: efficiency, highway concessions, Data Envelopment Analysis, DEA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Conceito Tridimensional da Regulação (Fonte: Porto, 2003)	30
Figura 2 Funções da agência reguladora (Fonte: Porto, 2003).....	36
Figura 3 Diferença entre fronteira por regressão e fronteira DEA (Fonte: Athayde et al., 2003).....	48
Figura 4 Eficiência Técnica Total (Fonte: Pearson, 1993).....	54
Figura 5 Produtividade, Eficiência Técnica e Economias de Escala (Fonte: Coelli et al., 1997)	55
Figura 6 Eficiência de Escala em condição de retornos variáveis (Fonte: Pearson, 1993).....	55
Figura 7 Retornos de Escala através dos pesos dos insumos e produtos (Fonte: Melgarejo, 2000).....	57
Figura 8 Retornos de Escala através do intercepto do hiperplano suportante (Fonte: Banker et al., 1984).....	58
Figura 9 Fronteira de Produção para retornos de escala constantes e variáveis (Fonte: Athayde et al., 2003)	62
Figura 10 Superfície Envoltória para o Modelo BBC orientado para Insumo (Fonte: Adaptado de Charnes et al., 1996).....	63
Figura 11 Superfície Envoltória para o Modelo BBC orientado para Produto (Fonte: Adaptado de Charnes et al., 1996).....	64
Figura 12 Mapa dos Pólos Rodoviários (Fonte: Adaptado de DAER, 2006)	91
Figura 13 Escores de eficiência do Modelo 1 (Eficiência Empresarial) sem restrição	99
Figura 14 Escores de eficiência do Modelo 1 com restrição Muito Forte.....	101
Figura 15 Escores de eficiência do Modelo 2 (Eficiência Empresarial - Hipotética) sem restrição	105
Figura 16 Escores de eficiência do Modelo 2 (Eficiência Empresarial - Hipotética) com restrição forte.....	106
Figura 17 Comparativo dos escores de eficiência do Modelo 1 e 2 – destacando o crescimento potencial do escores para o 7º ano	107
Figura 18 Escores de eficiência do Modelo 3 (Eficiência Imagem) sem restrição	109

Figura 19 Escores de eficiência do Modelo 3 (Eficiência Imagem) com restrição forte	109
Figura 20 Escores de eficiência do Modelo 4 (Eficiência de Segurança) sem restrição	112
Figura 21 Escores de eficiência do Modelo 4 (Eficiência de Segurança) com restrição forte	113
Figura 22 Fatores que afetam os acidentes (Fonte: Adaptado de Austroads,1994)	115
Figura 23 Relação entre Eficiência Empresarial e Eficiência de Imagem	117
Figura 24 Relação entre Eficiência Empresarial e Eficiência de Segurança.....	117
Figura 25 Relação entre Eficiência Imagem e Eficiência de Segurança	118
Figura 26 Evolução da REC - Receita Efetiva	135
Figura 27 Evolução da média ponderada de REC - Receita Efetiva.....	135
Figura 28 Evolução da RECPOS - Receita Total Possível.....	136
Figura 29 Evolução da média ponderada da RECPOS - Receita Total Possível	136
Figura 30 Evolução do INDIMG – Índice de Imagem.....	136
Figura 31 Evolução da média ponderada do INDIMG – Índice de Imagem	137
Figura 32 Evolução de ACIDENTE – Índice de Acidentes.....	137
Figura 33 Evolução da média ponderada de ACIDENTE – Índice de Acidentes.....	137
Figura 34 Evolução da INVRESTM – Investimentos em Restauração e Manutenção.....	138
Figura 35 Evolução da média ponderada de INVRESTM.....	138
Figura 36 Evolução da DESPMDO – Despesas de Administração e Operação – Mão-de-Obra	138
Figura 37 Evolução da média ponderada de DESPMDO	139
Figura 38 Evolução da DESPCONS – Despesas com Conservação.....	139
Figura 39 Evolução da média ponderada de DESPCONS	139
Figura 40 Evolução do VDM – Volume Diário Médio.....	140
Figura 41 Evolução da média ponderada do VDM.....	140
Figura 42 Variável produto REC em relação a RECPOS e INDIMG.....	141
Figura 43 Variável produto REC e INDIMG em relação ao insumo ACIDENTE	141

- Figura 44** Variável produto REC em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS..... 141
- Figura 45** Variável produto RECPOS em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS..... 142
- Figura 46** Variável produto INDIMG em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS..... 142
- Figura 47** Variável produto ACIDENTE em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS..... 142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Modalidades de concessão.....	31
Tabela 2 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis	61
Tabela 3 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Multiplicativo com Retornos de Escala Variáveis	61
Tabela 4 Problema de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis	63
Tabela 5 Problema de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis.....	64
Tabela 6 Tabela resumo das variáveis e indicadores relevantes encontrados na literatura	72
Tabela 7 Comparação entre os Métodos para Medição de Eficiência.....	75
Tabela 8 Períodos decorrido dos contratos.....	81
Tabela 9 Limites Inferiores e Superiores dos Quocientes entre pesos de diferentes insumos	89
Tabela 10 Pólos Rodoviários Concedidos	92
Tabela 11 Variáveis analisadas – abreviaturas e definições.....	96
Tabela 12 Restrições de Pesos do Modelo 1 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para cada restrição)	100
Tabela 13 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial.....	101
Tabela 14 Unidades referência e parcela de participação.....	102
Tabela 15 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 1.....	102
Tabela 16 Retornos de Escala no Modelo 1	103
Tabela 17 Restrições de Pesos do Modelo 2 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis).....	106
Tabela 18 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (hipotética)	107
Tabela 19 Unidades referência e parcela de participação.....	107

Tabela 20 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 2.....	108
Tabela 21 Retornos de Escala no Modelo 2	108
Tabela 22 Restrições de Pesos do Modelo 3 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis).....	109
Tabela 23 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 3 – Eficiência Imagem.....	110
Tabela 24 Unidades referência e parcela de participação.....	111
Tabela 25 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 3.....	111
Tabela 26 Retornos de Escala no Modelo 3	111
Tabela 27 Restrições de Pesos do Modelo 4 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis).....	112
Tabela 28 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança	113
Tabela 29 Unidades referência e parcela de participação.....	114
Tabela 30 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 4.....	114
Tabela 31 Retornos de Escala no Modelo 4	115
Tabela 32 Resumo das unidades eficientes em cada modelo, com as maiores restrições de pesos	116
Tabela 33 Correlação entre os resultados de eficiência dos modelos.....	116
Tabela 34 Base de dados das Receitas, Investimentos e Despesas (R\$ ano-base 1996).....	131
Tabela 35 Base de dados de VDM (em número de veículos) e Índice de Imagem (em %) ..	132
Tabela 36 Base de dados de Extensão de Rodovia (em km)	132
Tabela 37 Base de dados do Número de Acidentes com Mortes e do Total de Acidentes em Rodovias Federais	133
Tabela 38 Base de dados do Número de Acidentes com Mortes e do Total de Acidentes em Rodovias Estaduais.....	134
Tabela 39 Escores de eficiência para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial.....	144
Tabela 40 Escores de eficiência para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética)	145
Tabela 41 Escores de eficiência para o Modelo 3 – Eficiência Imagem	146
Tabela 42 Escores de eficiência para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança.....	147

Tabela 43 Unidades Referência para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial	149
Tabela 44 Unidades Referência para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética).....	150
Tabela 45 Unidades Referência para o Modelo 3 – Eficiência de Imagem.....	151
Tabela 46 Unidades Referência para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança	152
Tabela 47 Retornos de Escala para o Modelo 1 – eficiência Empresarial.....	154
Tabela 48 Retornos de Escala para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (hipotético)	155
Tabela 49 Retornos de Escala para o Modelo 3 – Eficiência Imagem	155
Tabela 50 Retornos de Escala para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança.....	156
Tabela 51 Pesos do Modelo 1 - VRS - Sem restrições	158
Tabela 52 Pesos do Modelo 1 - VRS – Com Restrição Muito Forte.....	159
Tabela 53 Pesos do Modelo 2 - VRS – Sem Restrições	160
Tabela 54 Pesos do Modelo 2 - VRS – Com Restrição Forte	161
Tabela 55 Pesos do Modelo 3 - VRS – Sem Restrições	162
Tabela 56 Pesos do Modelo 3 - VRS – Com Restrição Forte	163
Tabela 57 Pesos do Modelo 4 - VRS – Sem Restrições	164
Tabela 58 Pesos do Modelo 4 - VRS – Com Restrição Forte	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul	AGERGS
Agência Nacional de Transportes Terrestres	ANTT
Banker, Charnes e Cooper	BBC
Batalhão de Polícia Rodoviária Estadual	BPRE
Batalhão de Polícia Rodoviária Federal	BPRF
<i>Build-Operate-Transfer</i>	BOT
Charnes, Cooper e Rhodes	CCR
<i>Constant returns to scale</i> – Retornos constantes a escala	CRS
<i>Data Envelopment Analysis</i> - Análise Envoltória de Dados	DEA
Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem	DAER
<i>Integrated Data Envelopment Analysis System</i>	IDEAS
Projeto de Exploração da Rodovia	PER
Quilômetros	km
Rio Grande do Sul	RS
<i>Total Factor Productivity</i> - Fator de Produtividade Total	TFP
<i>Variable returns to scale</i> – Retornos variáveis a escala	VRS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 O CONTEXTO DAS CONCESSÕES DE RODOVIAS NO BRASIL	16
1.2 TEMA E SUA IMPORTÂNCIA.....	18
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO	20
1.4 MÉTODO DE TRABALHO	20
1.4.1 Método de pesquisa	21
1.4.2 Método de trabalho	21
1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	21
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2 ASPECTOS GERAIS DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE E CONCESSÕES RODOVIÁRIAS	23
2.1 DEFINIÇÕES DE EFICIÊNCIA, PRODUTIVIDADE E DESEMPENHO	23
2.1.1 Produtividade.....	23
2.1.2 Eficiência	26
2.1.3 Inputs e Outputs.....	27
2.1.4 Desempenho	27
2.1.5 Estratégias e Gestão do Desempenho	28
2.2 CONCESSÕES RODOVIÁRIAS	29
2.3 A REGULAÇÃO ECONÔMICA E DO DESEMPENHO DAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS.....	32
2.4 AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO	35
2.5 CONTRATOS DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS.....	37
2.5.1 Necessidades de um contrato.....	38
2.5.2 Medição de eficiência nos contratos existentes	38
2.5.3 Métodos de Avaliação das concessões.....	40
2.6 ATIVIDADES DE UMA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIA.....	42
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	45
3 TÉCNICAS PARA MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA.....	47
3.1 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS PARA MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA.....	49

3.2 TÉCNICAS NÃO-PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA.....	50
3.2.1 Definição de Análise Envoltória de Dados - DEA.....	51
3.2.2 Tipos de Eficiência com a visão da Análise Envoltória de Dados (DEA)	53
3.2.3 Modelos DEA Básicos.....	58
3.2.4 Identificação de práticas de operação eficientes.....	64
3.2.5 Restrições aos Pesos na técnica DEA	65
3.2.6 Algumas Limitações e Possíveis Problemas na Aplicação da técnica DEA	67
3.2.7 Alguns estudos realizados utilizando Modelos DEA	68
3.2.8 Considerações sobre os dados em relação à DEA.....	70
3.2.9 Levantamento de Variáveis utilizadas na literatura pesquisada	72
3.3 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DE CADA MÉTODO	75
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	76
4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO.....	78
4.1 ANÁLISE DA FERRAMENTA UTILIZADA.....	78
4.2 LEVANTAMENTO DA BASE DE DADOS	80
4.3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS.....	83
4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	83
4.4.1 Escolha das variáveis.....	83
4.4.2 Análise de Eficiência das concessionárias entre o 4° e o 7° ano de contrato.....	85
4.4.3 Restringindo os Pesos das Variáveis	87
4.4.4 Comparação da Eficiência entre os modelos.....	89
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	90
5 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DAS CONCESSIONÁRIAS DE RODÓVIAS NO RIO GRANDE DO SUL.....	91
5.1 ASPECTOS GERAIS DAS CONCESSÕES NO RS	91
5.2 VARIÁVEIS DISPONÍVEIS	92
5.2.1 Variável física.....	92
5.2.2 Variáveis qualitativas.....	92
5.2.3 Variáveis de fluxo de veículos.....	93
5.2.4 Variáveis referentes aos investimentos.....	93
5.2.5 Variáveis referentes a despesas operacionais.....	93
5.2.6 Variáveis referentes à receita	94
5.3 BASE DE DADOS – ESCOLHA DAS VARIÁVEIS NA AVALIAÇÃO DEA.....	95
5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO	97

5.4.1 Análise das variáveis utilizadas	97
5.4.2 Resultados do modelo 1 – Eficiência Empresarial (Financeira).....	99
5.4.3 Resultados do modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética)	105
5.4.4 Resultados do modelo 3 – Eficiência de Imagem	108
5.4.5 Resultados do modelo 4 – Eficiência de Segurança	112
5.4.6 Comparações entre os modelos	115
6 CONCLUSÕES	119
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	121
REFERÊNCIAS	123
ANEXO A - BASE DE DADOS	131
APÊNDICE A - DADOS DE ENTRADA NO SOFTWARE	135
APÊNDICE B - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO ENTRE AS VARIÁVEIS UTILIZADAS	141
APÊNDICE C - FLUXOGRAMA PARA ENTRADA DE DADOS NO SOFTWARE IDEAS	143
APÊNDICE D - ESCORES DE EFICIÊNCIA DE CADA UNIDADE EM CADA MODELO	144
APÊNDICE E - PRINCIPAIS REFERÊNCIAS PARA UNIDADES INEFICIENTES	149
APÊNDICE F - CONSIDERAÇÕES EM RELAÇÃO AOS RETORNOS DE ESCALA.....	154
APÊNDICE G - PLANILHAS DOS PESOS ATRIBUÍDOS A CADA UNIDADE EM CADA MODELO E RESTRIÇÕES DE PESOS	158

1 INTRODUÇÃO

1.1 O CONTEXTO DAS CONCESSÕES DE RODOVIAS NO BRASIL

O transporte é uma atividade essencial para a sociedade e exerce grande influência na economia de qualquer país. A eficiência do sistema de transportes é um dos indicadores do grau de desenvolvimento, da qualidade de vida e do bem estar da população. Assim, o setor de transporte pode ser definido como uma atividade econômica e representa um serviço de suporte à economia.

No Brasil, o modal rodoviário é o principal meio de transporte, sendo essencial para a economia do país. Ao longo dos últimos anos, a limitada capacidade de investimentos obrigou a União, os Estados e os Municípios a reduzirem drasticamente os recursos destinados à manutenção e ampliação do sistema de rodovias. Em consequência, vem ocorrendo uma crescente degradação da qualidade das rodovias.

A solução adotada pela União e por diversos Estados para amenizar esses problemas, tem envolvido concessões, à iniciativa privada, dos serviços de recuperação, operação e conservação das rodovias através de contratos de prestação de serviço. Assim, em troca da arrecadação de pedágio, empresas concessionárias assumem a responsabilidade de garantir esses serviços e, na maioria dos casos, a ampliar a capacidade das rodovias. O objetivo da concessão engloba expectativas de ampliação da segurança nas estradas, bem como de redução dos custos totais de transporte (economia de combustível, redução de tempo de viagens, redução de gastos de manutenção de veículos) (GOMES et al., 2003).

Com o objetivo de regular as ações do poder concedente e das concessionárias, foram criadas, no Brasil, as agências reguladoras. Estes órgãos buscam harmonizar os vários interesses envolvidos na concessão, a fim de garantir a prestação de serviço adequado ao

usuário. Desta forma, as concessionárias devem manter um padrão de qualidade de serviço correspondente àquele que seria esperado, como se operassem em um mercado com competição perfeita. Cabe às agências controlar e fiscalizar contratos, mesmo diante de situação paradoxal por estas não participarem da elaboração dos mesmos, tendo sido criadas após sua elaboração.

Cintra do Amaral (2003) relata que os atuais problemas de falta de fiscalização nas concessões não decorrem de limitações das agências, mas sim de deficiências nos contratos. Isto representa, em grande parte, à inexperiência da Administração e das proponentes interessadas na concessão, pois envolve um instituto antigo – a concessão – em uma realidade nova, pressionada por importante revolução tecnológica, em um quadro legal modificado pelas Leis 8.987 e 9.074 (Brasil, 1995)¹.

Guasch e Spiller (1999) apontam a ocorrência de problemas contratuais importantes, entre as concessionárias de rodovias e o governo, relacionados aos incentivos e utilidades delas. Em muitos aspectos, os atuais contratos de concessão se assemelham a contratos de obras, com pagamento associado à arrecadação de pedágio, com bônus por excesso de tráfego. Os riscos de variações na demanda de tráfego são suportados pelo concessionário, alterando o padrão de utilização das rodovias.

Castro (1999) sugere que os aperfeiçoamentos dos contratos de concessão incluam a revisão dos mecanismos de distribuição de riscos entre as concessionárias e as agências reguladoras, pois a distribuição atual gera poucos incentivos à eficiência das concessionárias e de suas relações com eventuais financiadores privados. A transferência de riscos inadmissíveis pelo concessionário pode gerar aumento de tarifa. Por outro lado, a não transferência de riscos administráveis oportuniza questões de risco moral, de magnitude amplificada pelo relativo despreparo das agências fiscalizadoras em identificar o verdadeiro empenho dos concessionários em gerir adequadamente esses ativos.

Outro ponto chave na melhoria dos contratos de concessão envolvem a introdução de mecanismos de incentivos e estímulo para uma homogeneização dos conceitos de eficiência e produtividade, por parte do governo e das concessionárias. Na última década, o

¹ Lei n 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal e a Lei n 9.074 de 7 de julho de 1995, que estabelece Normas para outorga e prorrogação das concessões e permissões de serviços públicos.

desenvolvimento de indicadores de desempenho, utilizados para mensurar a eficiência dos prestadores de serviços públicos mostrou-se especialmente útil nos setores de eletricidade, gás, água e telecomunicações. Entretanto, no setor de infra-estrutura rodoviária, este tema ainda é pouco explorado. Neste sentido é possível afirmar que este aspecto de gerenciamento dos serviços públicos demandará grande esforço dos órgãos reguladores que devem capacitar-se ao uso de ferramentas modernas, de forma que, com base em critérios de eficiência e produtividade, passem a controlar a distribuição dos ganhos, implementando programas de eficiência (COELLI et al., 2003).

Esta dissertação examina esta perspectiva, partindo da avaliação do desempenho das concessionárias estabelecidas no Rio Grande do Sul, através de análise da eficiência das concessionárias de exploração de rodovias. Para tanto, utiliza um método matemático que compara e analisa um conjunto de empresas, destacando as eficientes, apresentando referências para as ineficientes e apresentando sugestões aos gestores das concessionárias e do sistema como um todo.

1.2 TEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Segundo Porter (1990), a infra-estrutura é essencial para a promoção das condições sistêmicas de competitividade nos sistemas e serviços - transportes, energia, água, telecomunicações - fundamentais para a atividade econômica.

O importante processo de concessão dos serviços públicos observado nesta década tem por finalidade reduzir o déficit público, proporcionar novos investimentos, além de incentivar a competição e fortalecer o mercado acionário (GOMES et al., 2003). Embora, o Poder Público mantenha através das agências reguladoras, a responsabilidade de regular e fiscalizar os serviços públicos concedidos, os instrumentos para esta missão não estão completamente desenvolvidos. Em função disso, as empresas administradoras de concessões se mostram parecer eficazes, e necessitam estabelecer programas de avaliação do desempenho.

No setor de transportes são grandes os desafios para a constituição de um ambiente regulatório que consolide a atração de investimentos privados, incentive a eficiência e

promova o atendimento das necessidades dos usuários. Para isto, carece do uso de instrumentos regulatórios adequados. Teoricamente, a licitação e o contrato de concessão seriam os instrumentos legais de se vale o órgão regulador para demonstrar transparência, equidade e imparcialidade ante o mercado. Porém, como persistem dúvidas sobre os resultados, as empresas concessionárias deverão se mostrar capazes de oferecer os serviços necessários com eficiência, qualidade e segurança (MERINO, 2005).

Para tanto, devem ser construídas medidas e indicadores que permitam analisar, dimensionar e comparar a eficiência das concessionárias de rodovias. A dificuldade não é pequena porque embora a literatura internacional mostre métodos de avaliação aplicados aos setores elétrico, aéreo, de água e telecomunicações, para o setor rodoviário são escassas as pesquisas e muito raras as que avaliam o desempenho das concessionárias. Como exceção, deve-se mencionar a tese de doutorado Azambuja (2002) dentro da área de transporte público.

Segundo Coelli et al. (2003), as principais tendências de regulação estão encaminhadas para a sua mudança conceitual, passando da simples fiscalização, que prioriza as multas e penalidades, para a parceria e o incentivo à produtividade, visando o interesse público e apropriação dos resultados pela população usuária. Medir a eficiência e produtividade são tópicos complexos que exigem a utilização de ferramentas capazes de auxiliar o regulador ou empresa a assegurar uma justa distribuição dos ganhos decorrentes de melhorias na tecnologia ou na gestão do serviço.

A busca da eficiência e produtividade em concessões rodoviárias exige do analista esforço especial construção de uma base de dados confiável, assim como na modelagem das funções de produção. Dentre os métodos analíticos e ferramentas computacionais mais modernas, destaca-se a Análise Envoltória de Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*). Um dos principais reside no fato de que o regulador e a empresa devem possuir um volume adequado de informações de qualidade, de forma a que possam ser utilizados métodos de avaliação da produtividade (das empresas reguladas), compatíveis com a importância do problema.

Esta pesquisa utiliza a Análise Envoltória de Dados, quantifica a eficiência das concessionárias de rodovias, desenvolvendo uma linha de pesquisa pouco explorada no Brasil com o propósito de contribuir para o aperfeiçoamento dos provedores de infra-estrutura rodoviária. Os resultados podem auxiliar as empresas concessionárias e os gestores públicos,

na avaliação do desempenho, além de prover meios de comparação entre empresas do setor ou de atividades internas ao próprio setor.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a eficiência das concessionárias de exploração de rodovias sob o conceito de pólos, através da técnica de Análise Envoltória de Dados – DEA. Para isso, comparam-se diversas empresas em determinado período, buscando analisar as relações de eficiência entre elas, de modo a indicar aquelas que estão utilizando processos produtivos mais eficientes.

Para atender ao objetivo geral do trabalho, busca-se:

- a) Realizar revisão bibliográfica sobre eficiência e produtividade e aspectos gerais ligados a concessões rodoviárias;
- b) Analisar a técnica de medição da eficiência mais adequada à realidade das concessões rodoviárias do Rio Grande do Sul, considerando a disponibilidade e confiabilidade de dados econômicos, financeiros, operacionais, de qualidade e acidentes;
- c) Definir um conjunto de variáveis qualitativas e quantitativas (produtos e insumos) relevantes, capazes de sintetizar e representar os principais aspectos de uma concessão rodoviária;
- d) Analisar os contratos de concessões em relação à existência de cláusulas sobre eficiência e produtividade;

1.4 MÉTODO DE TRABALHO

Apresenta-se neste trabalho tanto o método de pesquisa utilizado como a seqüência de trabalho realizada.

1.4.1 Método de pesquisa

Silva e Menezes (2001) classificam a pesquisa de acordo com a sua natureza (básica e aplicada), sua abordagem (quantitativa e qualitativa), seus objetivos (exploratória, descritiva e explicativa) e seus procedimentos técnicos.

Assim, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, de natureza quantitativa. Quanto aos objetivos, o trabalho apresenta características tanto exploratórias como descritivas.

1.4.2 Método de trabalho

A seqüência de passos realizada no desenvolvimento deste trabalho envolveu:

- e) Pesquisa e revisão bibliográfica sobre temas ligados a desempenho, concessões rodoviárias e técnicas de medição de eficiência;
- f) Listagem dos fatores intervenientes na eficiência e produtividade de concessões rodoviárias;
- g) Levantamento da base de dados;
- h) Análise da evolução dos pólos rodoviários ao longo do tempo, realização de diagnósticos sobre pontos onde um pólo encontra-se ineficiente e identificação de *benchmarking* para o conjunto de pólos que forneceram os dados da pesquisa.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Esta pesquisa tem como marco o atual sistema regulatório sob o qual estão submetidas às concessões rodoviárias. O âmbito de aplicação da pesquisa é restrito as Concessões de Rodovias Integrantes do Programa Estadual de Concessão Rodoviária (PECR) do Estado de Rio Grande do Sul.

O grupo de variáveis (*inputs* e *outputs*) foi limitado pelas informações disponibilizadas pelos Órgãos Oficiais (Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul, Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem, Batalhão

de Polícia Rodoviária Federal e Estadual). Trata-se das variáveis mais representativas das concessões rodoviárias, para análise da eficiência através de ferramenta computacional. Os dados que foram utilizados são dos anos de 2001 a 2004 e a ferramenta adotada foi a Análise Envoltória de Dados – DEA.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo aborda a contextualização do tema, sua importância e os objetivos da pesquisa. A revisão bibliográfica é dividida nos capítulos dois e três, sendo que no segundo são abordados os conceitos de desempenho e aspectos gerais relativos às concessões rodoviárias e no terceiro, são apresentadas as principais técnicas para mensuração da eficiência e mais detalhadamente a Análise Envoltória de Dados. O capítulo quatro é destinado a detalhar a metodologia utilizada.

No capítulo cinco, é apresentado o estudo de caso, com a definição das variáveis utilizadas, a descrição dos dados levantados e análise dos mesmos. O capítulo seis apresenta as conclusões do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

2 ASPECTOS GERAIS DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE E CONCESSÕES RODOVIÁRIAS

Este capítulo aborda as principais questões acerca da eficiência e produtividade de concessões rodoviárias. São apresentadas as definições de eficiência, produtividade e desempenho, as peculiaridades de concessões rodoviárias e a relação entre a regulação econômica e o desempenho das concessões rodoviárias. Ainda, é discutida a implantação e as funções das agências de regulação, bem como as questões referentes aos contratos de concessão e as atividades definidas para uma concessionária de rodovias.

2.1 DEFINIÇÕES DE EFICIÊNCIA, PRODUTIVIDADE E DESEMPENHO

A eficiência e a produtividade são componentes básicos para a mensuração do desempenho de uma empresa. Desempenho é definido através de um conceito de *performance* bastante amplo, relacionando transformações para um conjunto de variáveis ou indicadores que representam várias áreas de uma organização. O conceito de produtividade é mais específico, e trata de relações entre produtividades, para determinados conjuntos de insumo e produto. A seguir são apresentados alguns conceitos encontrados na literatura.

2.1.1 Produtividade

Sink (1983) define produtividade como a relação entre a quantidade produzida por um sistema e a quantidade de insumos utilizados por esse sistema. Essa relação pode variar conforme Lovell (1993) devido a diferenças na tecnologia, no ambiente em que ocorre a produção e na forma como a relação insumo-produto se altera ao longo do tempo e/ou difere entre empresas ou indústrias.

Oum et al. (1992) apontam algumas finalidades da medição de produtividade:

- a) Medir a evolução de uma empresa em função de mudanças ocorridas, com novas técnicas produtivas, novos equipamentos, treinamento de pessoal, novos produtos, etc;
- b) Orientar a tomada de decisões na alocação de recursos ou na busca de tecnologias;
- c) Eliminar ineficiências técnicas e combinações de insumos que estão alocados de forma ineficiente;
- d) Comparar o desempenho entre departamentos ou unidades de uma mesma empresa, ou entre as empresas de uma indústria, ou entre indústrias, ou até mesmo entre países;
- e) Comparar o desempenho de empresa sob administração pública e privada;
- f) Medir o desempenho de uma empresa ou indústria através do tempo;
- g) Explorar economias de escala.

Ruch (1982) menciona que o aumento da produtividade pode ser alcançado de formas distintas, como por exemplo:

- a) Incrementando o nível de *outputs* (produtos) de forma mais rápida que os *inputs* (insumos), qualificando a gestão do desenvolvimento;
- b) Produzindo mais *outputs* com o mesmo nível de *inputs*;
- c) Produzindo mais *outputs* com um nível reduzido de *inputs*;
- d) Mantendo o mesmo nível de *outputs*, no entanto reduzindo o nível dos *inputs* (maior eficiência);

Existem medidas de produtividade parciais e totais, onde é comparado o aumento de produtos em relação ao aumento de insumos. As medidas parciais possuem um problema, pois consideram somente uma parcela de insumos ou produtos para representar ganhos ou perdas totais na produtividade. O aumento de alguns produtos não assegura que a empresa será mais eficiente globalmente. Portanto, procura-se utilizar medidas onde as alterações em todos os produtos estão associadas às alterações em todos os insumos. Uma destas medidas é definida como Fator de Produtividade Total – TFP (*Total Factor Productivity*) (AZAMBUJA, 2002).

2.1.1.1 Fator de Produtividade Total (TFP)

Coelli et al. (2003) define o TFP como a taxa de *outputs* (produtos) por *inputs* (insumos), conforme a equação (1). No caso em que há mais de um *input* ou *output*, conforme a equação (2), o cálculo requer que pesos sejam especificados, pois os insumos diferem em importância. Estes pesos são usualmente baseados em informações sobre preços. O TFP de duas empresas de um mesmo ramo em um determinado período de tempo pode ser diferente em função das diferenças de eficiência técnica, alocativa ou de escala (explicadas mais adiante). O TFP ainda pode variar ao longo do tempo devido a mudanças nas eficiências, ou ainda, por mudanças na tecnologia de produção.

$$TFP = \frac{Y_i}{X_i} \quad (1)$$

$$TFP = \frac{\sum_{m=1}^M a_m Y_m}{\sum_{k=1}^K b_k X_k} \quad (2)$$

Onde: a_m e b_k são pesos que refletem a importância relativa dos M *outputs* (Y) e K *inputs* (X), onde M e K são usualmente maiores que uma unidade.

A vantagem do fator de produtividade total, em relação ao parcial, é que o total considera todos os insumos ao mesmo tempo, permitindo a realização de uma análise de sensibilidade da produtividade com a mudança de um insumo, sem alterar o preço e a quantidade dos outros (BENJAMIN; OBENG, 1990).

Diewert (1989 apud Oum et al., 1992) apresentam duas abordagens para medir o TFP, que podem levar a resultados distintos. As abordagens são:

- a) Abordagens não-paramétricas, onde a produtividade é medida por números-índices, que são definidos a partir de quantidades de insumos e produtos e/ou custos e receitas.
- b) Abordagens paramétricas, onde se busca uma função para análise da produtividade e uma significância estatística sobre os dados. Segundo Oum et al. (1992), as duas abordagens paramétricas mais utilizadas são:

- Função de produção: define uma função entre as quantidades de insumos necessárias para a produção de certa quantidade de produto. São estimados estatisticamente os parâmetros da função quando a função que melhor representa a relação é desconhecida e,
- Função de Custo: define uma função entre produto e insumo através de seus preços. A função utiliza os custos mínimos para produzir certo nível de produto utilizando o preço dos insumos.

Finalmente, a escolha da técnica a ser adotada para medir produtividade depende dos pressupostos do analista e da disponibilidade e/ou confiabilidade dos dados a serem analisados.

2.1.2 Eficiência

Sink (1983) define eficiência como o grau no qual o sistema utilizou os devidos recursos e processos para obter seus produtos. Rouse e Putterill (2003) afirmam que eficiência se refere à relação entre recursos e os produtos ou serviços fornecidos pela organização.

Segundo Farrell (1957), a eficiência de uma empresa se refere ao grau de sucesso no esforço de gerar determinada quantidade de produto, a partir de um dado conjunto de insumos. Athayde et al. (2003) sustenta que a eficiência pode ser medida comparando-se a produtividade de cada empresa com a máxima produtividade observada.

De acordo com Lovell (1993), a eficiência produtiva resulta da comparação entre os valores observados e ótimos, nas relações entre produtos e insumos. Procura-se obter uma quantidade máxima de produto a partir de uma quantidade fixa de insumos, ou obter uma quantidade fixa de produto com uma quantidade mínima de insumos ou ainda uma combinação destes objetivos, via de regra, procura-se definir o ótimo em termos de possibilidades de produção. Nessas comparações, pode-se avaliar a eficiência técnica, onde é medida a habilidade de evitar desperdícios, produzindo o máximo de produto de acordo com o uso possível de insumos. A eficiência também pode ser avaliada sob uma perspectiva econômica ou alocativa, que é dependente dos preços. Nestes casos é medida a habilidade de combinar insumos e produtos em proporções ótimas, considerando os preços com que os insumos e produtos são caracterizados.

Neste trabalho, foi adotado o conceito de eficiência definido por Farrell e aplicado ao caso das concessões rodoviárias. Neste caso, eficiência representa o grau de sucesso, e busca o mínimo custo, no esforço de gerar determinada quantidade de produtos (*outputs*), a partir de um dado conjunto de insumos (*inputs*).

2.1.3 Inputs e Outputs

São considerados *inputs* as variáveis de entrada que vão gerar os resultados, produtos ou serviços. Trata-se, por exemplo, da quantidade de insumos (asfalto, brita), dos gastos com insumos (R\$/km asfaltado). Os *outputs* correspondem aos resultados, produtos ou serviços obtidos, a exemplo de relação nas irregularidades no pavimento, quilômetros pavimentados usuários atendidos, resultados obtidos no Índice de Imagem, entre outros.

Anteriormente a construção dos modelos é importante definir as variáveis a serem consideradas como *inputs* e *outputs*. Muitas vezes uma variável representa algo que é produzido, mas cuja quantidade deve ser minimizada, como acidentes, poluição, irregularidades. Nesses casos, essa variável será tratada como um input. De forma geral, as variáveis que se desejam maximizar são consideradas outputs, e inputs no caso contrário (GOMES et al., 2003).

2.1.4 Desempenho

O desempenho pode ser definido como uma relação entre esforços e resultados. O processo de quantificar a eficiência e efetividade de ações passadas, através do registro de ações ou atividades realizadas ou em andamento ou as conseqüências das ações adotadas constitui formas de medir desempenho. A gestão do desempenho não envolve apenas a definição e o controle das atividades, também exige um ciclo de retorno de informações, denominado *feedback* dos resultados nos diversos processos, como condição para aprimorar decisões dos gestores (PMAFORUM, 2005).

A avaliação do desempenho busca identificar quanto, quando e onde o processo necessita de alterações, para que o resultado possa ser melhorado. Após esta análise, o conhecimento da posição relativa de cada empresa em relação às demais, fornece elementos

para a revisão das políticas de gestão, a fim de identificar e superar ineficiências (ATHAYDE et al., 2003).

Para Fitzgerald et al. (1991), as medidas de desempenho podem ser classificadas em: (i) financeiras, correspondendo aos indicadores financeiros, que tem como foco os resultados e representam a competitividade e desempenho financeiro e, (ii) não financeiras, que correspondem aos indicadores técnicos, que tem como foco os determinantes dos resultados, como qualidade, flexibilidade, utilização dos recursos e inovação. Wounters et al. (1999 apud Merino, 2005) complementam que as medidas de desempenho não financeiras são um importante aporte e suplemento para as medidas de caráter financeiro, auxiliando a compreensão e melhoramento do desempenho financeiro de uma empresa.

2.1.5 Estratégias e Gestão do Desempenho

Mayston (1985) reporta que, para a implantação de novos indicadores de aproveitamento, todos os personagens envolvidos devem concordar com estes, de forma que a participação coletiva transcorra de forma harmoniosa, favorecendo a avaliação. Ainda sugere que: (i) a definição das variáveis precisa ser clara e precisa; (ii) as variáveis de produto precisam relacionar a organização como um todo; (iii) a base de dados deve ser consistente e, (iv) a metodologia analítica deve ser lógica e rigorosa.

Rouse et al. (2002), complementam que qualquer sistema de medição deve ser simples, de forma que não sejam fornecidos indicadores confusos, e devem indicar posição e direção coerentes com o objetivo global. No entanto, alguns problemas são frequentes, por exemplo:

- a) Uso de imensas listas de medidas, quando não existem limites impostos;
- b) Falhas de contexto (refere-se à dificuldade de interpretação quando as medidas são consideradas isoladamente);
- c) Deficiências de cobertura (necessidade de indicadores que permitam abranger a diversidade das tarefas de gestão);
- d) Falhas comportamentais (poderia levar a empresa a concentrar-se nas medidas de avaliação e não dar atenção aos demais processos).

A partir dos resultados de uma avaliação de desempenho, Otley (1999) menciona que existem medidas internas, ligadas à gestão da empresa, sendo necessário conhecê-las e a partir delas refletir sobre os resultados e gerar aprimoramentos de maneiras gerenciais. O autor destaca as seguintes questões: (i) Qual estratégia e planos têm sido adotados pela organização? Que os processos e atividades têm sido realizados para implementá-los de forma bem sucedida? (ii) Como se pode avaliar e medir o desempenho dessas atividades? (iii) Que nível de desempenho a organização necessita alcançar em cada uma destas atividades? (iv) Que recompensas poderão receber os gestores e empregados pelo alcance das metas de desempenho e que penalidades poderão sofrer, caso as metas não sejam atingidas?

Na gestão de uma rodovia, a administradora da concessionária deve demonstrar, para o órgão gestor, que os investimentos foram bem aplicados. Em ambos os níveis (político e técnico) existem uma investigação pelo “valor do dinheiro” utilizado na construção e/ou manutenção das rodovias. Nestes casos, questões de eficiência, efetividade e economia necessitam ser investigadas considerando a otimização da gestão, os custos e o equilíbrio entre as responsabilidades e das obrigações da concessionária. Para Ancarani e Copaldo (2001) é recomendado ainda a utilização de padrões de qualidade (em níveis crescentes), que se mantenham atualizados com o desenvolvimento tecnológico do setor.

2.2 CONCESSÕES RODOVIÁRIAS

Segundo Coelli et al. (2003), muitos mercados, a exemplo do de infra-estrutura de transportes, apresentam características naturais de monopólio. Conforme Senna (1996), em um monopólio natural existem efeitos de economias constantes ou crescentes de escala, de escopo e de integridade de rede.

- a) Economia crescente de escala: ocorre quando o custo médio de produção diminui à medida que a quantidade de produto aumenta. Pode ser chamado de retornos crescentes de escala ou custos decrescentes.
- b) Economia de escopo: ocorre quando se tem uma redução dos custos totais através do fornecimento de um conjunto de serviços.
- c) Economia de integridade de rede: fornece um serviço mais integrado em uma área do que aquele provido por mais de um operador.

A economia crescente à escala tende a trazer benefícios crescentes para os usuários, pois associa a uma redução dos custos dos usuários. Esta idéia de benefício dos usuários suporta a idéia de monopólio natural (COSTA, 1996). Entretanto, todos estes efeitos podem ocorrer em mercados com concorrência acirrada.

Para Putterill e Rouse (1993) bem como para Pires e Goldenstein (2002), a escassez de recursos do Estado (para financiar os investimentos necessários para a manutenção das condições de operação das rodovias), justificou realizadas reformas nas estruturas do setor público e na gestão. Estas provocaram mudanças, transferindo funções do governo a novas organizações (concessões), através de contratos. Desta forma, supõem-se que tenha ocorrido um aperfeiçoamento e agilização das melhores práticas, devido à competência do setor privado na qualidade de prestação de serviços.

As empresas concessionárias estão condicionadas ao cumprimento de cláusulas contratuais, que obrigam a prestar certo tipo de serviço. Velasco (1998 apud Lastran, 1998), afirma que o novo Estado brasileiro deverá promover e regular o desenvolvimento, ao invés de responder diretamente pela produção de bens e serviços. Por isso, o programa de concessões é conceituado em um triedro, no qual os vértices são compostos pelo usuário, poder concedente e a concessionária, e se inter-relacionam dinamicamente. Essa inter-relação representa forças que devem ser equilibradas, conforme a Figura 1.

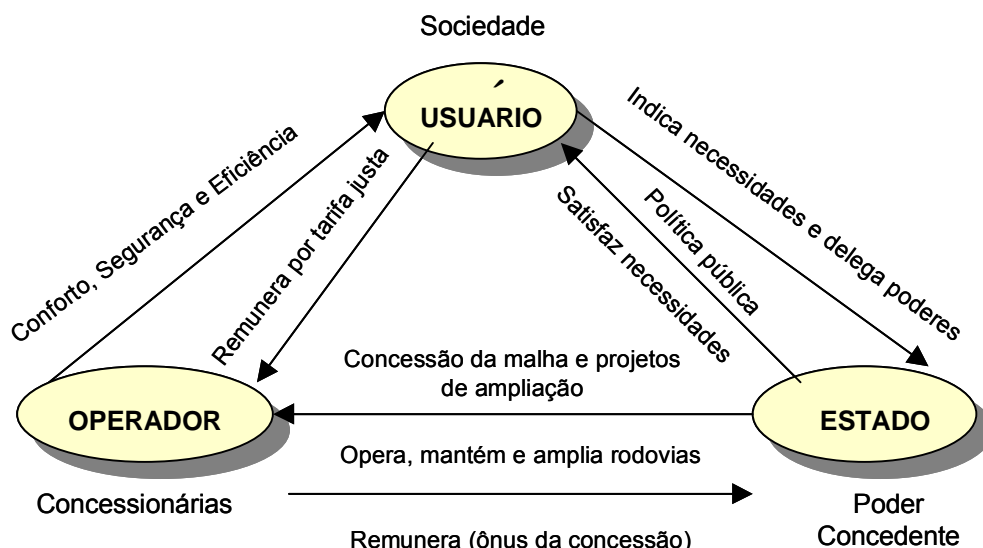


Figura 1 Conceito Tridimensional da Regulação (Fonte: Porto, 2003)

Michel et al. (2003) define uma concessão como um contrato entre o poder público (poder concedente), e uma empresa de direito privado (concessionária), no qual o primeiro

delega à última a responsabilidade de prover um bem ou serviço de domínio público. Este contrato é regido por normas bastante restritivas que, estabelecem um período limitado de tempo em que o serviço público será prestado pela concessionária impondo parâmetros de qualidade e estabelecendo punições, que podem variar desde uma simples multa até a rescisão do contrato, pelo não cumprimento das normas contratuais.

Segundo Lastran (1998), várias modalidades de concessão surgiram com o tempo e estas são apresentadas na Tabela 1. Dentre elas, para nossa abordagem, a BOT merece destaque, por ser a que melhor se enquadra ao caso do Rio Grande do Sul.

Tabela 1 Modalidades de concessão

Modalidade	Descrição
Régie Intéressée	O setor privado, sob contrato, atua em nome do Poder Público; não recebe tarifas, mas pagamentos do Poder Público e não assume riscos
Affermage	Também denominado de leasing na França, o setor privado, sob contrato, conserva, opera e cobra tarifas; retém parcela da receita e repassa o restante ao Poder Público; o governo detém a propriedade dos bens
DBFOT (Design-Build-Finance-Operate-Transfer)	Baseia-se na teoria de que o setor privado é mais eficiente no gerenciamento de recursos. Neste mecanismo, a iniciativa privada define, constrói, financia, administra e retorna ao Estado a rodovia construída
BOT (Build-Operate-Transfer)	Mecanismo clássico de concessão de direito de construção, exploração e prestação de um serviço por um período determinado, ao fim do qual o projeto retorna às mãos do Estado
BTO (Build-Transfer-Operate)	Setor privado constrói o empreendimento e entrega ao Estado que, por sua vez, concede à mesma empresa privada, ou à outra, o direito de exploração
BOO (Build-Own-Operate)	Análogo ao BOT, sendo que a propriedade do projeto é totalmente privada, ou seja, não há retorno do empreendimento ao Estado
BBO (Buy-Build-Operate)	No caso em que o Estado possui algum ativo em operação e deseja vendê-lo ao setor privado, contra a obrigação de expansão e operação por este
LDO (Lease-Develop-Operate)	Estado concede um ativo existente ao setor privado, exige a realização de melhorias e pequenos investimentos, em geral de recuperação, e firma um contrato de operação privada
CAO (Contract-Add-Operate), Super Turnkey e Operations and Maintenance Contract	Constituem formas de terceirização dos serviços públicos, podendo englobar a realização de pequenos investimentos, não caracterizando uma concessão

FONTE: LASTRAN (1998)

A forma utilizada para viabilizar as concessões no Rio Grande do Sul (RS) envolveu a composição de pólos rodoviários (complexo de trechos rodoviários), adaptados em função

do volume de veículos em circulação, de modo a garantir o equilíbrio econômico financeiro dos contratos. Em outras palavras, as praças de pedágio com maior fluxo de veículos subsidiam as deficitárias. A licitação contemplou o modo concorrência, com tarifa fixa, envolvendo um mínimo de três trechos e três praças, sendo vencedora a empresa que apresentou maior extensão de trechos (FELDMAN, 2004).

Cada concessão do Rio Grande do Sul foi criada através de Lei Estadual, possuindo o mesmo período de concessão de 15 anos. Os contratos apresentam um formato padrão, diferindo nos serviços a serem executados conforme o Projeto de Exploração da Rodovia (PER) em cada caso específico. Ainda, a fiscalização contratual é realizada através do Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem do Estado (DAER/RS), que também avalia questões referentes à qualidade dos serviços, utilizando para tanto o Índice de Imagem (descrito mais adiante).

2.3 A REGULAÇÃO ECONÔMICA E DO DESEMPENHO DAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS

Santos et al. (2005), afirmam que a regulação tem a função de simular um mercado competitivo, para gerar ganhos de concorrência. Para Dalmazó (2003) o objetivo da regulação é promover a competição, com vistas a aumentar a eficiência econômica dos mercados, sob o argumento que ela conduz à condição de equilíbrio financeiro. Para Rocha (2002), o estabelecimento de uma referência competitiva entre as empresas concessionárias, que atuam dentro de condições monopolistas, tende a formar um estímulo que resulta em melhor planejamento por parte das concessionárias, levando a processos de melhoria contínua.

Coelli et al. (2003) destacam que, com o passar do tempo, tanto o operador privado como o público sofrem quedas de eficiência, que podem resultar em custos maiores do que os observados nos mercados competitivos. Estes problemas exigem novas formas de regulação, compatíveis com a realidade.

O mesmo autor afirma que entre as tendências gerais da regulação, destaca-se a tendência à redução na fiscalização tradicional, priorizando as multas e penalizações, e maior preocupação com a parceria e o incentivo à produtividade. Assim, o *Price Cap* tem como

objetivo promover a eficiência entre os operadores, através da medição de eficiência. Este tipo de regime especifica o patamar no qual o preço regulado pode variar e estabelece um índice de reajuste, devido à inflação, descontado de um fator de produtividade, designado como *fator X*. Este fator representa um conjunto de elementos singulares e pode ser obtido através da avaliação da eficiência e produtividade, enfatizando a importância de um adequado processo de mensuração.

Segundo Santos et al. (2005), um ambiente de competitividade pode ser definido considerando duas fases: durante o processo licitatório e o no transcorrer do contrato.

Para o processo licitatório, pode-se destacar a visão de Rouse et al. (1997), onde reportam que o mercado é um fator importante nos contratos com as empresas, convertendo-se num árbitro da eficiência para contratos com ganhos centrados predominantemente no mercado de manutenção rodoviária, sob o conceito de proposta de preços onde as metas de desempenho são embutidas nos contratos. A competitividade nos serviços de manutenção rodoviária pode variar de acordo com a região, dependendo do número de empresas interessadas e da intensidade da concorrência.

O transcorrer do contrato engloba a segunda fase da competitividade, onde há a presença de longos prazos contratuais e de um ambiente pós-licitação pouco competitivo, reduzindo as condições efetivas de auto-regulação, sendo necessário estabelecer uma forma de pressão competitiva sobre o operador (COELLI et al., 2003). Assim, além da regulação sobre preço, quantidade e qualidade dos serviços, surge o interesse pela regulação do desempenho do operador da infra-estrutura (SANTOS et al., 2005).

Na monitoração de desempenho, deseja-se levar estímulos e incentivos ao concessionário para que este alcance e ultrapasse o padrão de desempenho. A monitoração deve recompensar o esforço do concessionário na busca do nível de desempenho acima do desejado, definindo um incentivo variável de acordo com a diferença entre o valor padrão e o resultado obtido para o parâmetro analisado. Neste sentido, o concessionário poderá sofrer penalizações quando obtiver um valor abaixo do esperado (COELLI et al. 2003).

Ancarani e Capaldo (2001) destacam que o cumprimento dos padrões de qualidade, ao invés de servirem como uma forma de manter a concessionária em conformidade com seu

contrato, deveriam funcionar como estimuladores da produtividade e competitividade na gestão dos serviços públicos.

Para Santos et al. (2005), a regulação do desempenho tem como principal objetivo a indução ou incentivo à competitividade. Assim, o operador é condicionado a buscar a inovação e eficiência, além de partilhar com os usuários os ganhos de produtividade. Ainda, propõe-se algumas dimensões estratégicas para a análise do desempenho como: presença do tema em editais e contratos; definição de variáveis e indicadores de avaliação; técnicas de *benchmarking*; tipologia de penalizações e incentivos; e, execução, utilização e financiamento do monitoramento de desempenho. Sobre estas propostas cabe destacar que:

- a) A primeira dimensão é abordada explicitamente na própria Lei Federal 8.987/95, não sendo inovador a inclusão da regulação do desempenho em editais e contratos das licitações.
- b) Com preocupação sobre a operacionalização do sistema, devem estar bem definidas as variáveis de controle, facilitando a quantificação. Ainda, as variáveis devem ser mensuráveis, sem a possibilidade de contestação, de acordo com o ato, método ou forma de medição, além de apresentar um baixo custo de levantamento.
- c) Após a definição das variáveis a serem controladas e escolhida a forma de medição, devem ser definidos os valores de referência para comparação com o desempenho medido. Para fixar estes *benchmarks* podem-se utilizar duas técnicas distintas, em relação à origem da informação: *benchmarking* exógeno e endógeno. O *Benchmarking* exógeno busca informações externas ao conjunto de contratos, podendo referir-se às situações referenciais simuladas ou idealizadas (empresa modelo). Por outro lado, o endógeno buscar informações entre contratos semelhantes (como exemplo: as concessões rodoviárias do Rio Grande do Sul).
- d) A outra dimensão estratégica refere-se a penalizações e incentivos. No Brasil, as penalizações mais usuais em relação ao descumprimento do contrato envolvem a advertência e a multa. Deve-se considerar, também, a possibilidade de criação de incentivos nos casos de desempenhos superiores. Ainda, os incentivos poderiam ser correlacionados com os desempenhos, isto é, desempenhos superiores são premiados e inferiores penalizados na mesma proporção.

Santos et al. (2005) ainda sugere outros tipos de incentivo e penalizações além de financeiros, desde que todas essas possibilidades estejam inseridas nos contratos. Ainda, o autor afirma que os resultados da avaliação de desempenho devem ser tornados públicos por possuírem informações que podem gerar ações públicas de penalização ou incentivo.

Segundo Fensterseifer (1986), a inexistência de um sistema permanente de monitoramento do desempenho por quem concede o serviço, faz com que as empresas tendam a não avaliar seu próprio desempenho. Santos et al. (2005) apresentam a possibilidade de diferenciar regulação e monitoramento do desempenho e a fiscalização do cumprimento das obrigações contratuais. No entanto, a separação não é trivial, pois na avaliação, as mesmas variáveis podem ser utilizadas.

A fiscalização busca garantir as características do serviço de acordo com os contratos (como exemplo: a análise das características de pavimentação, como o coeficiente de atrito acima do valor mínimo), e o monitoramento do desempenho objetiva a verificação da obtenção dos resultados e objetivos do contrato (como exemplo: analisa as variáveis de resultado, como número de acidentes por milhão de veículos, por quilômetro).

Com base nestas informações, considera-se necessário a busca por monitorar o desempenho, com o propósito de buscar e incentivar a melhoria permanente da qualidade dos serviços.

2.4 AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO

Coelli et al. (2003) e Santos et al. (2005) ressaltam que o poder público deve assumir novas funções quando provê e quando concede os serviços, destacando que a regulação, mensuração e fiscalização da eficiência são as principais responsabilidades atribuídas aos reguladores.

Segundo Porto (2003), a sociedade delega ao Poder Concedente o estabelecimento de políticas públicas que buscam atender às necessidades da sociedade. O contrato de concessão define os direitos e deveres da concessionária, que deve implementar sistemas que atendam às necessidades do usuário. O Poder Concedente, por sua vez, deve cobrar da concessionária: conforto, segurança e economicidade, devolvendo à ela remuneração por tarifa justa. A Figura

2 representa as funções da agência reguladora, representando a mediação entre o usuário, poder concedente e concessionárias.

Conforme Feldman (2004), as agências reguladoras foram criadas com a finalidade de regular os serviços públicos através do estabelecimento e implantação de regras para as atividades econômicas, garantindo o funcionamento equilibrado de acordo com os objetivos públicos.

No Brasil, no setor de transportes terrestres, o órgão principal é a ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. A ele estão subordinadas as concessões das rodovias federais e as agências estaduais. No estado do Rio Grande do Sul, existem o Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem (DAER) que atua na fiscalização dos contratos das concessionárias e a Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS), criada segundo a Lei Estadual nº 10.931 de 1997.

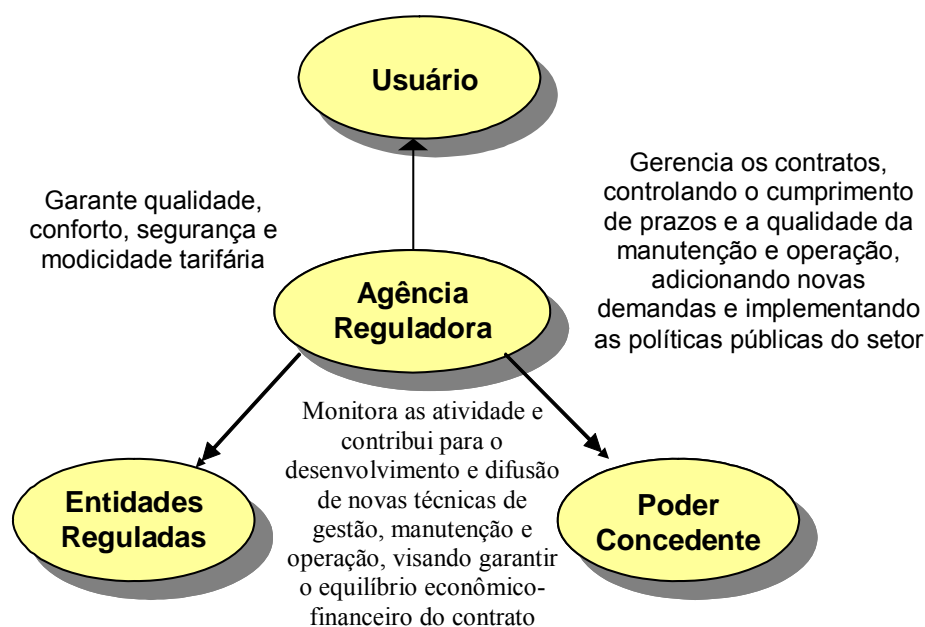


Figura 2 Funções da agência reguladora (Fonte: Porto, 2003)

Para a realização de uma fiscalização eficaz, uma agência deve apresentar uma estrutura de fiscalização eficiente, com recursos logísticos e humanos suficientemente alocados para esse fim. A fiscalização é uma tarefa abrangente e complexa, que deve necessariamente estar fundamentada em dados concretos, extraídos da realidade operacional, de forma a permitir que as análises e conclusões deles decorrentes tenham consistência e contribuam para o aprimoramento permanente do processo avaliado.

Segundo Coelli et al. (2003), uma das principais tarefas dos órgãos reguladores é a mensuração e fiscalização da eficiência. No caso da regulação do transporte terrestre da Argentina, especifica-se claramente que a promoção da eficiência é uma das principais responsabilidades dos reguladores. Isto deveria assegurar que:

- a) Os interesses dos usuários sejam considerados na tomada de decisões dos operadores. Na prática, significa que o regulador deve verificar se o operador minimiza o custo da oferta dos serviços, mantendo todas as obrigações contratuais.
- b) O setor seja competitivo, assegurando que todos os usuários sejam tratados por igual. O regulador deve checar se os usuários não arcam com todo o custo e analisar os níveis de subsídios necessários para que os subsídios cruzados não alimentem comportamentos anticompetitivos ou predatórios.
- c) Os operadores realizem investimentos adequados e utilizem tecnologias adequadas para minimizar custos e maximizar benefícios. Isto é conhecido como promoção da eficiência dinâmica.

Feldman (2004) identifica dois requisitos para uma regulação eficiente: a independência da agência reguladora e a escolha de instrumentos que incentivem a eficiência produtiva com a utilização de informações precisas, normas claras e objetivas. O autor ainda destaca que o Rio Grande do Sul foi um dos pioneiros na criação de uma agência, a AGERGS, e quanto à regulação dos pólos rodoviários deste Estado, a implantação da agência ocorreu quando as concessões rodoviárias já estavam em andamento².

2.5 CONTRATOS DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS

O contrato de concessão rodoviária constitui uma peça chave nas relações entre órgão regulador, concessionário, órgão gestor e usuários. Estes contratos contêm requerimentos específicos, incluindo definições claras, para a concessionária, especificando a frequência dos relatórios solicitados e seu formato de maneira a facilitar a comparação entre projetos.

2.5.1 Necessidades de um contrato

Na organização de um contrato, é essencial que o operador realize o serviço da melhor maneira possível. World Bank Institute (2006) considera que os resultados podem ser incentivados com base em políticas adequadas e apresenta alguns conceitos deste princípio, tais como:

- a) Quando uma autoridade pública deseja confiar ambos serviços de reabilitação e operação da rodovia ao setor privado, é indicado realizar um mesmo contrato e confiá-lo ao mesmo contratado. Assim, qualquer defeito na qualidade de serviço na reabilitação poderá gerar custos adicionais ao operador, incentivando a execução dos serviços da melhor maneira possível;
- b) A qualidade dos serviços na área de domínio da rodovia é um parâmetro de atratividade para o motorista. Para rodovias pedagiadas é desejável que a concessionária seja a responsável pela exploração de serviços (estações de serviço, lojas, restaurantes, hotéis), gerando o interesse do usuário pela qualidade dos serviços fornecidos.
- c) A oferta de várias formas de pagamento de pedágio (dinheiro, cartões de crédito, coleta eletrônica, etc.) é bem aceita pelos usuários. Esta medida também previne a ocorrência de fraudes.
- d) A possibilidade de prorrogar o contrato, caso o desempenho seja alcançado, incentiva o setor privado a oferecer serviços de qualidade.

2.5.2 Medição de eficiência nos contratos existentes

A seguir são apresentados alguns trechos importantes de algumas leis e contratos.

Da Lei Federal 8987/95 pode-se destacar:

- a) Capítulo VI – Do Contrato de Concessão

² A AGERGS não participou dos editais, somente foi inserida nos contratos. Assim, a agência possui alguns limitadores de sua atuação.

Art. 23 – São cláusulas essenciais do contrato de concessão às relativas: III – aos critérios, indicadores, fórmulas e parâmetros definidores da qualidade do serviço.

b) Capítulo VII – Dos Encargos do Poder Concedente

Art. 29 – Incumbe ao poder concedente: VII – Zelar pela boa qualidade do serviço; X – Estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação; XI – Incentivar a competitividade.

c) Capítulo X – Da Extinção da Concessão

Art. 38 - A inexecução total ou parcial do contrato acarretará, a critério do poder concedente, a declaração de caducidade da concessão ou a aplicação das sanções contratuais, respeitadas as disposições deste artigo, do art. 27, e as normas convencionadas entre as partes: § 1º A caducidade da concessão poderá ser declarada pelo poder concedente quando: I - o serviço estiver sendo prestado de forma inadequada ou deficiente, tendo por base as normas, critérios, indicadores e parâmetros definidores da qualidade do serviço;

Um dos propósitos dos contratos envolve a promoção da eficiência no setor rodoviário. Por isso, cabe destacar (dos contratos padrão com as concessionárias) os seguintes aspectos (DAER, 2006):

a) Capítulo 5.3 – Condições e Padrões de Qualidade da prestação de serviço

5.3.1. A concessão da exploração do PÓLO pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários;

5.3.2. Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, conforto, segurança, fluidez do tráfego, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas;

5.3.3. Para fins de contrato, considera-se: III - eficiência: a execução dos serviços de acordo com as normas técnicas aplicáveis e em padrões satisfatórios, que busquem, em caráter permanente, a excelência, e que assegurem, qualitativa e quantitativamente, o cumprimento dos objetivos e das metas da concessão;

b) Capítulo 9.1 - Direitos e obrigações do poder concedente

Incumbe ao DAER/RS: X – Estimular o aumento da qualidade dos serviços prestados aos usuários e o incremento da produtividade dos serviços prestados pela concessionária;

Quando os contratos já vigoravam, determinou-se o seu monitoramento por meio de termo aditivo à lei da respectiva criação, o que foi denominado de Índice de Imagem. Em relação ao termo aditivo pode-se destacar:

a) Cláusula segunda

§ 3º - O monitoramento geral dos serviços prestados pela Concessionária, deverá levar em consideração a avaliação por Índice de Imagem dos usuários, a ser definido de comum acordo entre as partes, sem prejuízo dos padrões de qualidade das rodovias constantes no PER, mantendo, no mínimo, o padrão dos custos operacionais dos veículos comerciais, obtidos após execução dos serviços iniciais.

§ 4º - A adoção do monitoramento geral importará na assunção, pela Concessionária, de todo e qualquer valor que exceda o montante de investimentos constantes do PER e que seja necessário para a adequada manutenção da estrada em conformidade com a avaliação do aludido monitoramento, até dezembro de 2004.

O Projeto de Exploração da Rodovia contempla um plano de incentivos e penalidades. Os incentivos não são considerados, mas as penalidades previstas podem incluir (Santos et al., 2005):

- a) Decretação da caducidade, por serviço deficiente ou perda da condição econômica do concessionário para garantir a prestação do serviço adequado.
- b) Multas moratórias referentes ao não atendimento dos índices de serventia, permanência de buracos, fissuras superiores ao mínimo aceitável e coeficiente de atrito inferior ao admissível.

2.5.3 Métodos de Avaliação das concessões

O poder público tem a função de verificar o cumprimento dos contratos, a prestação do serviço em níveis aceitáveis e avaliar sua evolução. Conforme Rocha (2002), as metodologias de avaliação da qualidade de concessões de rodovias brasileiras são realizadas através de ranking dos pólos, pesquisa de opinião, entrevista com usuários e vistoria de técnicos. No Rio Grande do Sul os monitoramentos são realizados pelo DAER e pela AGERGS.

O realizado pelo DAER, denominado Índice de Imagem e instituído em termo aditivo aos contratos, busca o monitoramento geral dos serviços prestados. Este índice apresenta as seguintes características (DAER, 2006):

- a) Pesquisa semestral sob a forma de questionário fechado aplicado aos usuários junto às rodovias. Realizado através de convênio com alguma universidade. Em geral, são considerados os condutores de veículos que se enquadram nas categorias de veículos leves, pesados e ônibus;
- b) Escala de pontos com os níveis: excelente, bom, regular, ruim e péssimo;

- c) Avalia a rodovia de acordo com os aspectos de: pista de rolamento; sinalização horizontal – dia e noite; sinalização vertical – dia e noite; interseções, retornos e acessos; segurança nas curvas horizontais; e, conceito geral da rodovia.
- d) Avalia os serviços em relação ao(s): atendimento nas praças de pedágio; serviços de informações, atendimento e reclamações; resgate de acidentados (ambulância); resgate de veículos (guincho); e, conceito geral dos serviços.

Conforme Rocha (2002), o Índice de Imagem reflete a visão geral do usuário sobre a rodovia. Para cada concessionária é atribuída uma pontuação final, equivalente ao percentual de conceitos excelente e bom, descontando-se o percentual de conceitos ruim e péssimo (percentuais calculados após a retirada das respostas com conceito regular). Assim, a concessionária deve obter, no mínimo, 30 pontos, segundo as condições estabelecidas. O conceito final de desempenho de cada concessionária estadual é utilizado para advertir e até multar as concessionárias com desempenho abaixo do esperado. Este resultado é divulgado para toda a comunidade do Estado.

Rocha (2002) ainda afirma que, no caso do RS, através dos questionários respondidos pelos usuários, consegue-se assim analisar a qualidade sob a ótica da percepção do usuário final dos serviços. Porém, inexistente uma análise técnica dos mesmos itens, como por exemplo, a condição do pavimento analisada por um usuário pode ser considerada satisfatória, mas pode não estar de acordo com o padrão técnico desejado e estabelecido no contrato.

O realizado pela AGERGS, denominado Pesquisas Com Usuários Voluntários, instituído junto com a agência, pela Lei Estadual 11.075 de 1998, que instituiu o código Estadual de Qualidade dos Serviços Públicos, busca uma pesquisa de opinião sobre a qualidade dos serviços públicos sob sua regulação, apresentando as seguintes características (AGERGS, 2006):

- a) Pesquisa anual com usuários voluntários cadastrados;
- b) Escala de pontos: ótima, boa, regular, ruim e péssima;
- c) Itens avaliados: conceito geral sobre os serviços prestados pelos pólos; sinalização vertical (placas); sinalização horizontal (pintura, sinais na pista); sinalizações e instalações da praça de pedágio; atendimento na praça de pedágio; condições do pavimento asfáltico; condições do acostamento; condições de

acessos e rotatórias; condições de pontes e viadutos; limpeza da pista e faixa de domínio; segurança para travessia de pedestres; serviços de socorro médico; serviço de atendimento mecânico; serviço de telefones de emergência; condições do pólo com relação ao ano anterior; a tarifa paga pelo pedágio em relação às condições das rodovias;

- d) Apresentado o relatório anual para prestação de contas à Assembléia Legislativa do Estado.

Santos et al. (2005) afirma que as concessões de rodovias no Brasil são regidas sob contratos, os quais apresentam poucas características de regulação do desempenho, dando enfoque à fiscalização das obrigações contratuais.

2.6 ATIVIDADES DE UMA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIA

Esta seção apresenta algumas considerações de diversos autores e descreve as atividades que constam nos contratos de concessão.

A necessidade de manutenção da infra-estrutura rodoviária tem se tornado mais importante, da mesma forma que ocorreu a diminuição dos índices de construção de rodovias, e os volumes de investimentos estão se concentrando em neutralizar a deteriorização da infra-estrutura existente (HUDSON,W; HUDSON,S., 1994). Segundo Rouse e Puterrill (2000), políticas e ações de manutenção são direcionadas para preservar e aumentar a integridade, durabilidade e segurança nas rodovias ao longo do tempo, e as intervenções de custo-efetividade têm como objetivo o progresso físico da estrutura de pavimentação.

A urgência da manutenção rodoviária envolve o conhecimento de que, ao longo do tempo, uma boa manutenção rodoviária, reduz os custos anuais ao invés de permitir que uma estrada se deteriore ao ponto de ser necessária uma reabilitação especial.

A principal preocupação das autoridades gestoras das rodovias é identificar formas de elevar o percentual de recursos para a operação e manutenção para as rodovias. Esta situação gera grandes desafios, não só para o desenvolvimento de tecnologias efetivas, que ampliem os benefícios, mas também, para uma gestão mais científica dos recursos materiais, financeiros e de pessoal (SHEFFEY, 1983).

De acordo com Rouse e Putterill (2000), as principais atividades de uma concessionária de rodovias envolvem: (i) construção de novas rodovias (compreende a construção da estrutura de pavimentação completa, drenagem, pontes, obras de arte); e (ii) atividades de manutenção (compreende a reabilitação, recapeamento e manutenção rotineira). A reabilitação compreende a reconstrução da estrutura do pavimento e é geralmente empregada para estender a vida operativa da rodovia. O recapeamento consiste na colocação de uma camada de concreto asfáltico sobre a superfície existente. Espera-se que o recapeamento ocorra de duas a três vezes durante a vida do pavimento. A manutenção rotineira compreende uma variedade de atividades necessárias para retificar defeitos que afetam os níveis de serviço. Essas tarefas podem ser relacionadas ao pavimento (frestas e reparações de panelas), os elementos na beira da rodovia (drenagem e paisagem), a sinalização, a iluminação e a emergência (deslizamentos). É importante ressaltar que além de repercutir no aumento dos custos da manutenção rotineira, gera impacto sobre o custo e tempo de viagem, atrasos, filas, acidentes. Algumas destas tarefas podem ser programadas, outras dependem de fatores como a qualidade anterior da manutenção, o volume de tráfego e as condições climáticas.

O Projeto de Exploração da Rodovia (PER) objetiva promover adequações necessárias, no Projeto de Engenharia Econômica (PEE) e Projeto Básico de Exploração (PBE), que constam como anexos ao Contrato de Outorga de Concessão, de modo a ajustá-los à utilização de novas tecnologias (AGERGS, 2006).

Conforme Santos et al. (2005), o Projeto de Exploração da Rodovia se refere ao documento em que constam as obras e serviços a serem executados durante o contrato, estabelecendo soluções básicas, especificações, quantitativos e cronogramas físicos. A seguir são apresentados os conceitos de manutenção, conservação e operação de rodovias segundo a AGERGS (2006) e que constam no Projeto de Exploração da Rodovia – PER, para as concessões do Rio Grande do Sul.

Manutenção das Rodovias: é o conjunto de todas as intervenções físicas, com caráter periódico, de forma a recompor ou mesmo aprimorar as condições de operação, prevendo serviços em:

- a) Pavimento (pista e acostamento) em pavimentos flexíveis: reparos localizados, fresagem simples das camadas betuminosas; lama asfáltica; microconcreto

asfáltico; camada intermediária para alívio de tensões; recapeamento simples em CBUQ; fresagem, mais recapeamento simples; pré-misturado a frio com lama asfáltica; remoção e reconstrução parciais do pavimento; remoção e reconstrução totais; reconstrução total do revestimento;

- b) Pavimento (pista e acostamento) em pavimentos rígido das praças de pedágio: resselagem de juntas; recuperação de juntas esborcinadas; relagem de fissuras e reparos em trincas; correções de desgaste superficial; injeção de nata-de-cimento sob as placas; reconstituição das placas seriamente afetadas;
- c) Pavimento em blocos articulados de concreto (estacionamentos junto aos prédios de administração): remoção e substituição de blocos danificados; remoção dos blocos, em áreas com afundamentos plásticos, remoção e substituição das camadas inferiores afetadas e reposição dos blocos;
- d) Drenagem e Obras-de-arte correntes: recomposição de sarjetas, valetas e meios-fios; saídas, descidas d'água e dissipadores de energia; caixas coletoras; bueiros; drenos profundos e subsuperficiais; canais e corta-fios;
- e) Demais estruturas: obras-de-arte especiais; obras de contenção; dispositivos de proteção e segurança; praças de pedágio e bases operacionais.

Conservação das Rodovias: compreende o conjunto de operações rotineiras e de emergência realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações da Concessionária, considerando os padrões de serviços estabelecidos. A estrutura dos serviços de conservação direciona-se para os aspectos físicos do sistema rodoviário, ou seja, aqueles referentes às condições da pista, como pavimentação, drenagem, dispositivos de segurança, sinalização horizontal, vertical e aérea, obras-de-arte especiais, além da faixa de domínio, edificações e áreas operacionais, bem como veículos e equipamentos da Concessionária. Os serviços de conservação das rodovias e instalações da Concessionária abrangem:

- a) Conservação Rodoviária de Rotina: canteiro central e faixa de domínio; pavimento; sistema de drenagem e obras de arte correntes; obras de arte especiais; terraplenos e estruturas de contenção; dispositivos de proteção e segurança; sinalização;
- b) Conservação Predial e de Equipamentos: edificações e instalações prediais; sistemas de registro e controle, sistemas de comunicação;

c) Conservação de emergência de equipamentos: ações emergenciais.

Operação das Rodovias: envolvem serviços para garantir o máximo de fluidez do tráfego, com conforto e segurança aos usuários e estabelecer todo o suporte gerencial para a exploração e administração dessas rodovias, constituindo-se em um conjunto extenso de atividades, cuja interação deve garantir o padrão de qualidade esperado. A estrutura operacional implantada contempla as seguintes atividades sem, no entanto, ficar restrita a estas: controle operacional; sistema de arrecadação de pedágio; sistema de pesagem; guarda e segurança patrimonial; serviços de assistência aos usuários; segurança do trânsito.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Costa (1996) aponta que as empresas que produzem sobre as condições contratuais vigentes no Brasil não têm estímulos naturais para serem eficientes ou produzirem com qualidade. Para Rocha (2002), as concessionárias, subordinadas a um contrato de concessão de longo prazo, com obrigações e metas pré-definidas, em uma atividade de exploração no regime de monopólio e com uma demanda de tendência a inelasticidade, enfrentam o desafio de buscar motivação para o desenvolvimento além dos limites impostos pelos contratos.

Em relação ao tipo de regulação *Price Cap*, explicado por Coelli et al. (2003), como é uma das tendências gerais da regulação e que pode ser aplicado no futuro, deve-se considerar como mais um motivo importante para as empresas começarem a avaliar a eficiência.

Em relação à estratégia de análise de desempenho de Santos et al. (2005), os autores reportam que devem se comparar os valores de *benchmarking* com um valor ideal. Para isso, seria necessário ter uma empresa modelo (teoricamente idealizada) para obter os valores ótimos de eficiência. Essa poderia ser uma limitação, mas na realidade é uma das vantagens deste estudo, pois as Concessionárias de Rodovias do Rio Grande do Sul serão comparadas sem considerar nenhum *benchmark* exógeno.

A avaliação de desempenho necessita do estabelecimento de objetivos bem definidos para a definição dos indicadores apropriados para tais objetivos. Através dos dados obtidos de

eficiência, devem ser tomadas as medidas necessárias no sentido de realinhar a empresa através da gestão do desempenho.

Para fiscalizar os serviços concedidos, o regulador deve conhecer não apenas o processo de produção, mas também a natureza da origem do serviço. Uma das atribuições da Agência é fiscalizar os serviços prestados pelas concessionárias, devendo acompanhar e intervir quando necessário, para que estas cumpram os padrões de qualidade definidos no Contrato de Concessão.

Em relação aos métodos de avaliação das concessionárias, atualmente utilizados no Rio Grande do Sul, as Pesquisas Com Usuários Voluntários realizadas pela AGERGS pode apresentar resultados tendenciosos por utilizar usuários voluntários cadastrados (pessoas que podem ser a favor ou contra). Já o Índice de Imagem organizado pelo DAER, realiza pesquisas junto às rodovias, com os realmente usuários destas, sendo assim mais confiável.

De acordo com os contratos de concessão do Rio Grande do Sul, as concessionárias devem prestar seus serviços com eficiência e, em caráter permanente (DAER, 2006). Como as metodologias atuais de avaliação, descritas na seção 2.5.3, no Estado do Rio Grande do Sul, não fornecem indicativos de eficiência das empresas, este trabalho busca utilizar um método de análise quantitativo (técnica DEA), podendo tornar-se uma ferramenta de apoio às concessionárias e aos gestores.

No capítulo 3 são apresentadas as técnicas de medição de eficiência, utilizando neste trabalho a Análise Envoltória de Dados.

3 TÉCNICAS PARA MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA

O aprimoramento constante dos métodos de análise de dados responde à necessidade de quantificar decisões na alocação de recursos, em processo de melhoria contínua. Para isso, dado as especificidades do problema, é necessário um método de análise que adote uma visão multidimensional capaz de representar o conjunto de atividades das organizações (ROUSE et al., 1997).

A teoria da produtividade é uma área bem desenvolvida e que recentemente vem utilizando, de forma intensa, três métodos: Análise da fronteira estocástica – SFA, Fator de Produtividade Total – TFP, e Análise Envoltória de dados – DEA (ROUSE; PUTTERILL, 2003).

Conforme Coelli et al. (2003), eficiência e produtividade são tópicos complexos e que exigem a utilização de ferramentas capazes de auxiliar ao regulador (ou a empresa) a assegurar uma justa distribuição dos ganhos, produto da eficiência, que podem resultar de melhorias na tecnologia ou simplesmente qualificação na gestão do serviço.

Segundo Greene (1993), nos anos 60, o uso de análises de regressão foi generalizado, com base em métodos estatísticos onde se estimavam funções para ajustar os dados. Após a consolidação da teoria das fronteiras, aumentou o interesse em substituir a prática de atravessar os dados, pela de circundá-los (melhores práticas e não a média), por meio de técnicas de programação matemática. A diferença entre os métodos de fronteira e os de análise de regressão linear, para um *output* (produto) e um *input* (insumo) é apresentada de forma simples na Figura 3.

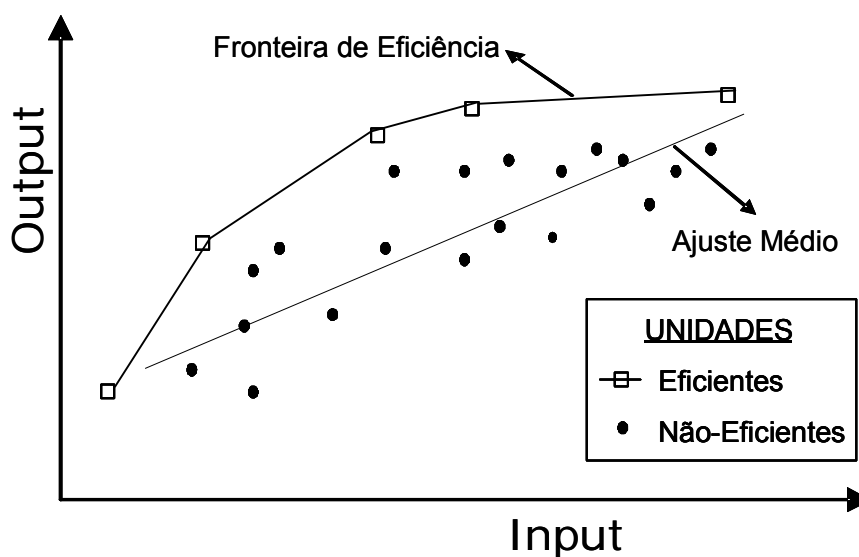


Figura 3 Diferença entre fronteira por regressão e fronteira DEA (Fonte: Athayde et al., 2003)

Conforme Greene (1993), as principais diferenças entre estas abordagens, e suas vantagens comparativas são expostas a seguir.

- a) A abordagem econométrica³ é estocástica, procura separar os efeitos de ruído dos efeitos de ineficiência. A abordagem de programação matemática é não-estocástica, e reúne os dois efeitos, caracterizando-se uma combinação de ineficiência;
- b) A abordagem econométrica é paramétrica, e permite confundir os efeitos de má especificação da forma funcional (tanto em aspectos tecnológicos como de ineficiência) com a ineficiência gerencial. A abordagem de programação não-paramétrica é menos sujeita a este tipo de problema;
- c) A abordagem não-paramétrica é dependente das variáveis e exige comparabilidade estrita.

Para Greene (1993), os modelos econométricos podem ser classificados de acordo com o tipo de dados (em um período ou em vários períodos), o tipo de variáveis (quantidades, ou quantidades e preços) e o número de equações no modelo.

Uma abordagem de programação matemática para construção de fronteiras de produção e obtenção de medidas de eficiência relativa às fronteiras é conhecida como Análise

³ Econometria = Parte da economia voltada à descrição de relações econômicas por meio de modelos matemáticos e à estimação dos parâmetros desses modelos utiliza dados estatísticos (FERREIRA, 1999).

Envoltória de Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*). Esta abordagem envolve os dados com uma superfície formada pelos pontos superiores e desta forma funciona diferentemente dos modelos econométricos. Esta abordagem pode ser classificada conforme o tipo de variáveis disponíveis: somente quantidades (calcula-se a eficiência técnica) ou quantidades e preços (calcula-se a eficiência econômica que pode ser decomposta em suas componentes: técnicas e alocativas) (CHARNES et al., 1996).

Os métodos paramétricos partem do princípio que a função de produção tem como função matemática específica e conhecida, onde os parâmetros podem ser determinados por análise de regressão (ajuste por valores médios). Os métodos não paramétricos, como a técnica DEA, não necessitam de função específica. A abordagem DEA otimiza cada observação individual calculando uma fronteira discreta determinada por uma combinação envolvendo um subconjunto de unidades em análise (fronteira de eficiência) (ATHAYDE et al., 2003).

A seguir são descritas as técnicas paramétricas para medição de eficiência (de forma breve), e em seguida apresentam-se as técnicas não-paramétricas.

3.1 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS PARA MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA

As técnicas paramétricas para medir eficiência são descritas através de funções de custo ou de produção. Segundo Lovell (1993), a abordagem das fronteiras de produção, funções de custo e cálculo de medidas de ineficiência iniciaram pela pesquisa de Farrell (1957).

Para Coelli et al. (2003), a função de produção define o máximo de produto que resulta de uma determinada combinação de insumos, em um dado período de tempo. Já Small (1992 apud Azambuja, 2002), descreve a função de custo como o custo mínimo de produção do vetor produto, para determinada função de produção. Esta função está ligada ao preço dos insumos e suas quantidades, sujeita à restrição tecnológica definida pela função de produção.

Coelli et al. (2003) apresentam vantagens e desvantagens do método de Fronteira Estocástica. Como desvantagens pode-se destacar:

- a) É necessário a especificação de uma forma funcional particular para a tecnologia de produção, podendo ser utilizada uma forma que não seja a melhor representação da tecnologia de produção;
- b) A abordagem de fronteira estocástica é bem desenvolvida somente para tecnologias com um único produto, o que limita o potencial deste método de análise.

As vantagens de métodos de Fronteiras Estocásticas em relação aos índices utilizados para medir o Fator de Produtividade Total são:

- a) Possibilita a escolha da forma de distribuição dos efeitos de ineficiência, porém podem haver distribuições gerais melhores, como a normal-truncada;
- b) A abordagem de fronteira não requer informação de preço;
- c) Essa abordagem não assume que todas as empresas são eficientes;
- d) Não necessita estabelecer um único objetivo comportamental como minimização de custo ou maximização de lucro.

3.2 TÉCNICAS NÃO-PARAMÉTRICAS PARA MEDIR EFICIÊNCIA

Segundo Charnes et al. (1978), uma técnica não-paramétrica é utilizada para definir, através de relações estimadas empiricamente, uma função de produção e superfície de produção eficiente, onde é medida a eficiência relativa de uma unidade observada em relação a esta fronteira. A técnica mais conhecida e utilizada é a "Análise Envoltória de Dados". A seguir são apresentados os conceitos, modelos e alguns estudos.

As bases teóricas para medição de eficiência, considerando uma abordagem não-paramétrica, iniciaram com a análise de eficiência técnica de Farrell (1957). Os principais supostos desta pesquisa foram:

- a) A fronteira de produção é definida pela organização mais eficiente;
- b) Há retornos de escala constantes, por exemplo, incrementos proporcionais em *inputs* cobrem um mesmo incremento proporcional de todos os *outputs* em toda a linha de fronteira que define a eficiência. Isto implica que a fronteira de produção possa ser representada por um raio, com uma inclinação constante e passando

pela origem. No caso de um *input* e um *output*, a organização mais eficiente tem um escore (uma taxa) mais alto de *output* dividido por *input*;

c) A fronteira de produção é convexa para a origem e tem um gradiente positivo.

Mais adiante, Charnes et al. (1978), operacionalizaram o trabalho de Farrel através de um modelo de programação matemática, denominado “Análise Envoltória de Dados” – DEA (*Data Envelopment Analysis*), que forma uma fronteira de eficiência relativa às empresas avaliadas (ou Unidades de Tomada de Decisão – DMUs⁴ - *Decision Making Units*). Através deste procedimento não é necessário que as funções de produção sejam especificadas previamente, como na forma paramétrica.

Charnes et al. (1978) desenvolveram um modelo com retornos de escala constantes – CRS (*Constant Returns to Scale*), que mede a eficiência técnica. O modelo com retornos de escala variáveis – VRS (*Variable Returns to Scale*) foi desenvolvido por Banker et al. (1984) para representar situações onde a tecnologia de retornos constantes não reproduz adequadamente o problema real.

3.2.1 Definição de Análise Envoltória de Dados - DEA

Segundo Norman e Stoker (1991), na abordagem não-paramétrica, não são feitas suposições sobre a forma da função de produção. Esta é construída empiricamente a partir das melhores práticas, através das relações observadas nos insumos e produtos. Esta função é linear por partes, sendo uma aproximação conservadora da função correta se essa existisse.

A técnica DEA é um processo de fronteira e não se baseia em tendências centrais. Ao invés de tentar ajustar um plano de regressão passando pelo centro dos dados, define uma superfície linear por partes que se apóia nas observações que ficam no topo do conjunto de dados. A técnica analisa cada DMU separadamente, e mede a eficiência desta em relação a todo conjunto de DMUs que está sendo avaliado. Ao contrário dos métodos paramétricos, este não necessita nenhuma suposição a priori sobre a forma analítica da função de produção,

⁴ Unidade de tomada de decisão – DMU (*Decision Making Unit*), este é o nome mais utilizado na literatura internacional para representar uma empresa, unidade ou indústria a ser analisada. Conforme Athayde et al. (2003), o termo DMU foi empregado inicialmente para divisões ou unidades administrativas do serviço público, depois se ampliou para empresas privadas, e hoje é utilizado para representar qualquer sistema com um conjunto de entradas e saídas mensuráveis.

impondo, como única exigência, que todas as DMUs fiquem sobre ou abaixo da fronteira de eficiência (COOK et al., 1991). Esta técnica também pode ser vista como uma generalização do fator de produtividade total, expresso pela equação (1), no capítulo 2.

Conforme Putterill e Rouse (1993), a técnica possibilita que múltiplos *inputs* e *outputs* de uma organização possam ser objetivamente combinados em uma única medida de avaliação do desempenho, conforme a equação (2), no capítulo 2. Gomes et al. (2003) descreve esta equação como a razão entre a soma ponderada de produtos (*outputs*) e a soma ponderada de insumos necessários para gerá-los (*inputs*). Assim, pode-se definir o TFP como uma função linear de pesos que definem o indicador. Gomes et al. (2001) afirma que as ponderações são obtidas através do modelo DEA, que atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência.

Segundo Oum et al. (1992), a maior vantagem desta abordagem é que ela não necessita do conhecimento de preços de mercado para os insumos e produtos. Ela constrói a tecnologia da fronteira puramente de forma não-paramétrica, e avalia a eficiência para cada ponto dado, medindo a distância entre a fronteira e aquela observação.

A abordagem DEA busca identificar em um conjunto de DMUs com as mesmas características, as que são eficientes, atribuindo a estas score 1 (um ou 100%). As demais, que ficam abaixo da fronteira, têm score menor que 1 e são consideradas ineficientes. A DEA identifica as DMUs de referência para cada unidade ineficiente, além de estimar as taxas máximas de redução ou crescimento de suas variáveis, para a melhoria do desempenho (ATHAYDE et al., 2003). Andersen e Petersen (1993) complementam que um score inferior a um significa que o mesmo vetor produtos poderia ser produzido por uma combinação linear de outras unidades. Dessa maneira, o método indica as unidades referência para as DMUs ineficientes. Esses scores são definidos através de relação entre insumos e produtos e possibilitam a identificação das folgas (excesso de insumos ou folgas em produtos). O score representa a distância entre a fronteira de produção e a unidade avaliada, correspondendo ao mínimo decréscimo proporcional em insumos que torna a DMU eficiente.

3.2.1.1 Usos da Técnica DEA

Segundo Meza et al. (2002) e Sampaio et al. (2005), a técnica DEA é uma ferramenta de análise e diagnóstico e não de previsão. No entanto, uma análise mais profunda dos

resultados pode fornecer indicações importantes para tendências e comportamentos futuros visando melhorias. Gomes et al. (2001) complementa que o uso do modelo DEA é relevante quando se deseja determinar a eficiência de unidades produtivas, sem considerar somente o aspecto financeiro.

Segundo Golany e Roll (1989), a técnica DEA pode ser utilizada para:

- a) Identificação das fontes e quantidades de ineficiência relativa para cada uma das unidades comparadas, em relação aos seus insumos ou produtos;
- b) *Ranking* das unidades através de seus resultados de eficiência;
- c) Comparação das unidades ineficientes, entre si e com aquelas eficientes;
- d) Avaliação dos resultados das políticas de administração das unidades comparadas;
- e) Comparação com resultados de estudos prévios;
- f) Mudanças de graus de eficiências, ao longo do tempo.

3.2.2 Tipos de Eficiência com a visão da Análise Envoltória de Dados (DEA)

A eficiência técnica total pode ser decomposta em eficiência de escala, que mede a perda de produto por não estar trabalhando na escala ótima e, eficiência técnica pura, que mede a perda de produto resultante da forma de produção utilizada, refletindo aspectos de gerenciamento.

Pearson (1993) apresenta esses conceitos graficamente, calculando as respectivas eficiências, conforme a Figura 4, mede:

- a) Eficiência Técnica Pura:

Corresponde à eficiência na qual a fronteira de produção assume retornos de escala constantes e descarte forte de insumos. A fronteira é representada por uma reta que passa pela origem. A reta é definida de forma que cada observação fique sobre a mesma ou à sua direita.

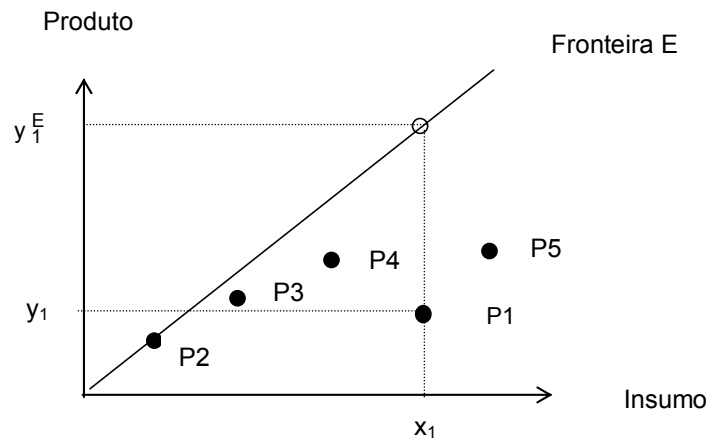


Figura 4 Eficiência Técnica Total (Fonte: Pearson, 1993)

Na Figura 4, a fronteira E representa a fronteira da melhor prática e a unidade P2 é a única unidade eficiente. A medida de eficiência para cada unidade corresponde à taxa de seu produto real pelo seu produto potencial, que seria obtido se a mesma estivesse sobre a fronteira. Por exemplo, o produto real da unidade P1 é y_1 . Projetando o insumo da unidade P1 sobre a fronteira da melhor prática, o produto que poderia ser encontrado seria y_1^E . Assim, a eficiência técnica total da unidade P1 é:

$$EFT_1 = y_1/y_1^E \quad (3)$$

b) Eficiência de Escala:

A Figura 5 demonstra que uma reta que passa pela origem, com uma inclinação dada pela relação y/x , representa pontos com mesma produtividade, permitindo sua comparação. Se uma unidade estivesse trabalhando no ponto A e se movesse para B, que é tecnicamente eficiente pois está sobre a fronteira de produção Z, a inclinação da reta aumentaria indicando um aumento da produtividade. Mas, deslocando-se para o ponto C, encontraria uma relação de produtividade ainda maior, representado pela reta tangente à fronteira de produção que representa o ponto de máxima produtividade. O ponto C é o ponto de escala tecnicamente ótima, pois se deslocando para qualquer outro ponto sobre a fronteira de produção levará a uma deseconomia de escala. Assim, uma unidade tecnicamente eficiente pode ainda ser capaz de melhorar a produtividade explorando economias de escala.

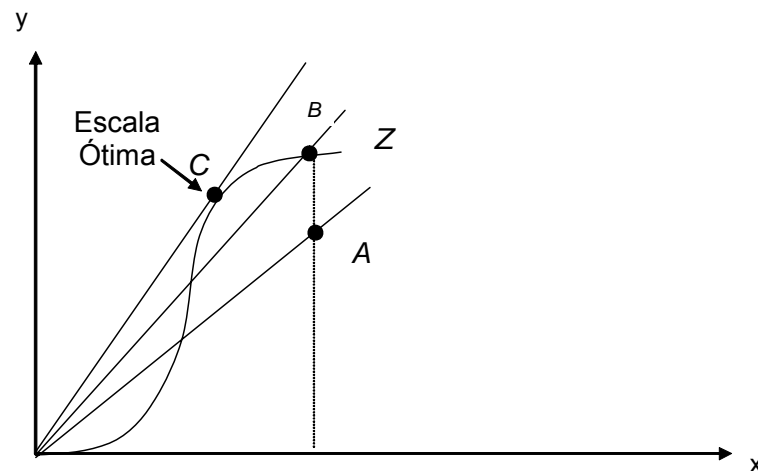


Figura 5 Produtividade, Eficiência Técnica e Economias de Escala (Fonte: Coelli et al., 1997)

A eficiência técnica total é determinada assumindo retornos de escala constantes - CRS (*Constant Returns of Scale*), não considerando se os dados dão sustentação a esta suposição. Quando esta suposição não é apropriada, considera-se uma fronteira com retornos de escala variáveis - VRS (*Variable Returns of Scale*) como mais adequado para medir a eficiência das unidades consideradas.

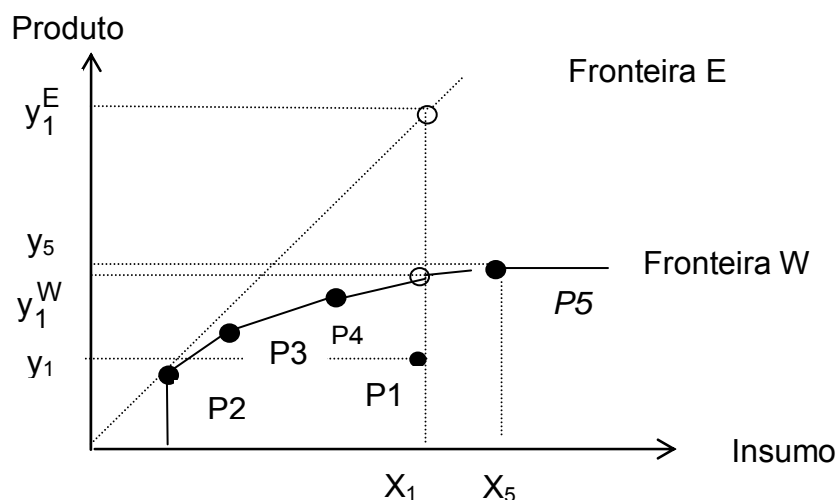


Figura 6 Eficiência de Escala em condição de retornos variáveis (Fonte: Pearson, 1993)

Na Figura 6, a fronteira W representa a fronteira com retornos variáveis de escala, onde envolve as unidades consideradas, unindo os pontos mais externos. Além da unidade P5, não há unidades produzindo maior quantidade de produto, e a partir deste ponto a fronteira W continua horizontalmente, onde qualquer unidade com maior quantidade de insumos deve ser capaz de produzir pelo menos a quantidade de produto observado em y_5 .

Com base na fronteira W da Figura 6, tem-se que a unidade P1 pode alcançar resultado correspondente ao nível de produto y_1^W (uma combinação linear convexa dos produtos das unidades P4 e P5, sendo que estas são eficientes e lhe servem como referência). Assim, a eficiência relativa para a fronteira W, no caso de P1, é:

$$W_1 = y_1/y_1^W \quad (4)$$

Cuja eficiência de escala é definida como:

$$EFS_1 = y_1^W/y_1^E \quad (5)$$

A eficiência de escala mede a perda de produto a que uma DMU se submete por não estar trabalhando na escala ótima, caracterizado por uma situação onde existem retornos constantes à escala. A eficiência de escala pode ser medida pela distância entre as duas fronteiras, E e W, para um dado nível de insumo observado na unidade considerada.

Para a unidade ineficiente à escala, seu produto potencial máximo em retornos variáveis à escala (VRS) será menor do que aquele observado para situação de retornos constantes à escala (CRS). Esta unidade ineficiente estará operando em situação de retornos à escala superior ou inferior ao seu ótimo, sendo considerada em situação de retornos decrescentes e crescentes de escala, respectivamente.

Em relação a variações de escala, Coelli et al. (2003) descrevem estes conceitos da seguinte maneira:

- a) Retornos Constantes de Escala: quando o aumento da produção é diretamente proporcional ao aumento na disponibilidade de insumos.
- b) Retornos Crescentes de Escala: quando a produção cresce numa proporção maior do que a disponibilidade de cada um dos insumos.
- c) Retornos Decrescentes de Escala: quando a produção cresce numa proporção menor do que a disponibilidade de cada um dos insumos.

Para a verificação da situação de uma unidade, examinam-se os pesos, conforme a Figura 7:

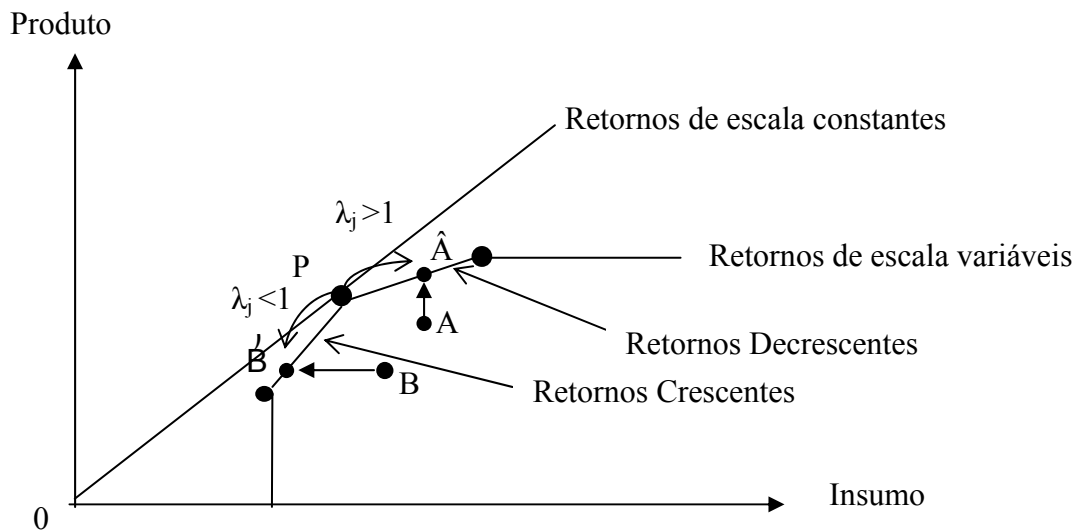


Figura 7 Retornos de Escala através dos pesos dos insumos e produtos (Fonte: Melgarejo, 2000)

O cálculo do $\Sigma\lambda_j$ é obtido, para o ponto A projetado em \hat{A} , através de:

$$\Sigma\lambda_j = \frac{O\hat{A}}{OP} \quad (6)$$

Onde:

$\Sigma\lambda_j$ - somatório dos percentuais das quantidades de insumos e produtos das unidades "j" utilizadas como referência para as unidades ineficientes.

Se $\Sigma\lambda_j < 1$ os retornos são crescentes pois o ponto P, que define a fronteira de Retornos de Escala Constantes, é projetado para baixo, identificando o escore do novo ponto projetado.

Se $\Sigma\lambda_j > 1$ os retornos são decrescentes e a projeção da referência é projetada para cima.

No caso do ponto A, $\Sigma\lambda_j > 1$, os retornos são decrescentes.

Observa-se que existem duas fronteiras e que as projeções são sobre a fronteira de retornos variáveis. Assim, quando A é projetado sobre \hat{A} e a tecnologia é de retornos variáveis, e pelo fato de operar em condições de retornos decrescentes, a projeção é deslocada em direção de P. Já no caso de B, que é projetado para \hat{B} , por estar em condição de retornos variáveis, em faixa de retornos crescentes, o deslocamento também se dá em direção de P. Assim, P é referência para A e B, sendo que $\hat{A} = \lambda_2.P$, $\lambda_2 > 1$ e $\hat{B} = \lambda_1.P$, $\lambda_1 < 1$.

Outra forma de verificação da situação de retornos de escala envolve a análise do intercepto do hiperplano suportante, como mostrado na Figura 8:

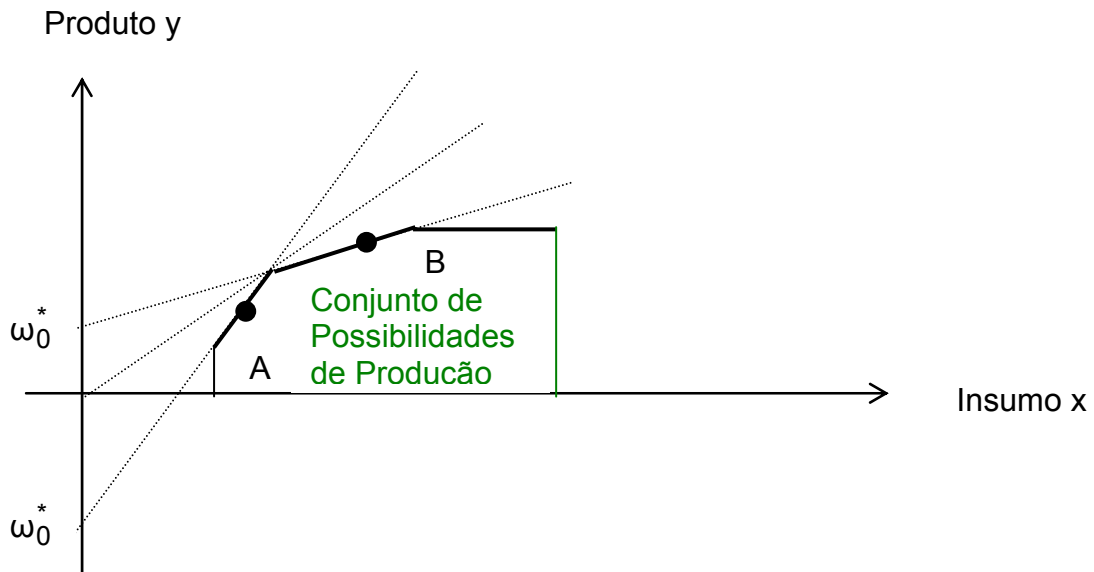


Figura 8 Retornos de Escala através do intercepto do hiperplano suportante (Fonte: Banker et al., 1984)

Assim, se o intercepto:

- $\omega_0^* < 0$ - os retornos de escala são crescentes;
- $\omega_0^* = 0$ - os retornos de escala são constantes;
- $\omega_0^* > 0$ - os retornos de escala são decrescentes.

3.2.3 Modelos DEA Básicos

Segundo Boussofiane et al. (1991), a Análise Envoltória de Dados é uma abordagem que possibilita comparar a eficiência de unidades relativamente homogêneas. No caso mais simples onde uma DMU possui um único insumo e um único produto, a eficiência equivale à produtividade e é definida pela equação (7), apresentada novamente:

$$\text{Eficiência} = \frac{Y_1}{X_1} \quad (7)$$

As DMUs normalmente possuem múltiplos insumos e produtos, em proporções distintas. Essa complexidade não é captada em métodos paramétricos e pode ser analisada em uma medida de eficiência, definida pela equação (8) adaptada.

$$\text{Eficiência} = \frac{\sum \text{pesos} \times \text{Produtos}}{\sum \text{pesos} \times \text{Insumos}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \quad (8)$$

Onde:

- Y_{rj} - representa a quantidade de *output* r da DMU j
- X_{ij} - representa a quantidade de *input* i da DMU j
- u_r - representa o peso dado para um *output* r
- v_i - representa o peso dado para o *input* i

sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j = 1 \dots n \quad (9)$$

$$u_r, v_i \geq 0: \quad r = 1 \dots s : i = 1 \dots m$$

Segundo Putterill e Rouse (1993), essa forma necessita de um conjunto de pesos, o que pode ser complexo quando se busca um conjunto comum a todas unidades. Uma das características principais da técnica DEA é que esses pesos não necessitam ser conhecidos previamente. Os pesos são escolhidos de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. Conforme estes autores, algumas características deste modelo podem ser salientadas:

- a) Os pesos, u_r e v_i , obtidos para cada unidade são os pesos ótimos selecionados para maximizar a eficiência desta unidade. Desta forma, elimina-se a necessidade de selecionar pesos previamente e prevenir de algum argumento que certa unidade foi desfavorecida por esta eleição prévia.

- b) A medida de eficiência é obtida para cada unidade. Assim, se existem 28 unidades, então o modelo deverá rodar 28 vezes, uma vez por cada unidade.

Se uma unidade for eficiente, seu score será igual a 1. Caso a unidade seja ineficiente em relação a outra unidade sua eficiência será menor do que 1. Para as unidades ineficientes, a solução representará as que servirão como referência. Cada unidade geralmente selecionará pesos diferentes (Boussofiane et al., 1991).

Segundo Charnes et al. (1996), os modelos DEA buscam obter o conjunto de DMUs que determina a superfície da envoltória. O formato da superfície depende do modelo, e para ser eficiente, uma DMU deve estar sobre essa superfície. A análise DEA identifica as fontes e a dimensão da ineficiência, e também fornece uma medida de eficiência relativa.

A seguir serão apresentados os modelos DEA básicos para avaliação de eficiência (Azambuja, 2002).

a) Modelo Aditivo

Este modelo é representado por um par de problemas de programação linear, onde a superfície envoltória dos dados consiste em vários hiperplanos que formam uma casca e envolvem todos os dados. Sua função objetivo mede a distância entre a DMU e o hiperplano. A minimização da função objetivo procura uma solução que minimize essa distância.

O modelo utiliza o princípio da dualidade na programação linear para resolver o problema, onde no original busca para cada DMU a minimização das folgas de produto e excessos de insumo (CHARNES et al., 1996). No dual busca um hiperplano para cada DMU que a torne eficiente. Esses problemas de programação podem trabalhar com retornos constantes ou variáveis. A Tabela 2 apresenta o problema de programação linear para retornos variáveis de escala.

b) Modelo Multiplicativo

Utiliza combinações multiplicativas de insumos e produtos. A formulação resulta da aplicação de logaritmos aos valores originais do modelo aditivo. A superfície envoltória desse modelo é conhecida como Cobb-Douglas por partes (CHARNES et al., 1996). A Tabela 3 apresenta o problema de programação linear para retornos variáveis de escala.

Tabela 2 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Aditivo com Retornos de Escala Variáveis

Retornos de Escala Variáveis	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s s_r + \sum_{i=1}^m e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r = y_{r\lambda} \quad r = 1, \dots, s$ $-\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - e_i = -x_{i\lambda} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i, \omega} \sum_{r=1}^s y_{r\lambda} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{i\lambda} v_i + \omega$ $\sum_{r=1}^s y_{rj} \mu_r - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_i + \omega \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 1 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 1 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Charnes et al., (1996).

Tabela 3 Problemas de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo Multiplicativo com Retornos de Escala Variáveis

Retornos de Escala Variáveis	
Primal	Dual
$\min_{\lambda_j, s_r, e_i} - \left(\sum_{r=1}^s s_r + \sum_{i=1}^m e_i \right)$ $\sum_{j=1}^n \log(y_{rj}) \lambda_j - s_r = \log(y_{r\lambda}) \quad r = 1, \dots, s$ $-\sum_{j=1}^n \log(x_{ij}) \lambda_j - e_i = -\log(x_{i\lambda}) \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $s_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$ $e_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$	$\max_{\mu_r, v_i, \omega} \sum_{r=1}^s \log(y_{r\lambda}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{i\lambda}) v_i + \omega$ $\sum_{r=1}^s \log(y_{rj}) \mu_r - \sum_{i=1}^m \log(x_{ij}) v_i + \omega \leq 0 \quad \text{para } j = 1, \dots, n$ $\mu_r \geq 1 \quad \text{para } r = 1, \dots, s$ $v_i \geq 1 \quad \text{para } i = 1, \dots, m$

FONTE: Charnes et al. (1996)

c) Modelos Orientados

Além dos modelos anteriores, Charnes et al. (1978) propuseram os métodos orientados, sendo possível à orientação para insumos ou produtos. O CCR (Charnes, Cooper e

Rhodes) ou CRS (*Constant Returns to Scale*) é o modelo originalmente proposto por Charnes et al. (1978) para unidades que operam com tecnologias de retornos constantes de escala. O modelo BCC (Banker, Charnes e Cooper) (Banker et al., 1984) também chamado de VRS (*Variable Returns to Scale*) considera situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. A Figura 9 apresenta essas tecnologias.

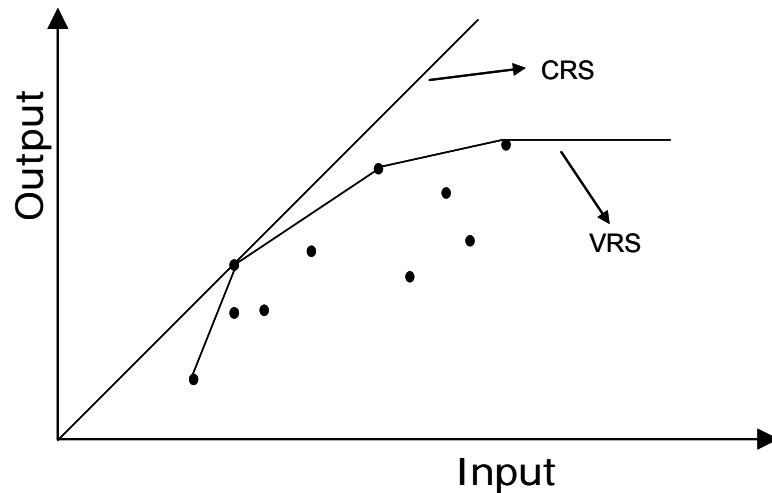


Figura 9 Fronteira de Produção para retornos de escala constantes e variáveis (Fonte: Athayde et al., 2003)

Conforme a Figura 9 analisando a forma das fronteiras, percebe-se que os modelos VRS envolvem maior número de pontos. Assim pequenas e grandes DMUS são beneficiadas no cálculo de eficiência.

Conforme Charnes et al., (1996), na orientação para insumo busca-se a redução dos insumos e na orientação para produto, busca-se o aumento de produtos. Essas orientações podem ser divididas em duas componentes: a primeira representa a redução de insumos ou aumento de produtos proporcionais e a segunda refere-se à parte residual, conforme descrito abaixo:

$$s^\lambda = \varphi Y_\lambda + \delta_s^\lambda \quad \text{ou} \quad e^\lambda = \tau X_\lambda + \delta_e^\lambda \quad (10)$$

Onde:

s^λ - folga de produtos;

φ - aumento proporcional de produtos;

Y_λ - vetor de produtos observado;

δ_s^λ - aumento residual adicional individual de produtos;

e^λ - excesso de insumos;

τ - redução proporcional de insumos;

X_λ - vetor de insumos observado;

δ_e^λ - redução residual adicional individual de insumos.

Orientação para Insumo

Os modelos orientados para insumo visam maximizar a redução proporcional e residual em variáveis de insumo, respeitando a fronteira eficiente. Um decréscimo proporcional é possível até que pelo menos uma das variáveis de insumo em excesso se torne nula. Este máximo decréscimo proporcional é obtido no primeiro estágio do problema. O ponto resultante é empregado no segundo estágio do programa para obter o ponto projetado (Azambuja, 2002). A Tabela 4 apresenta o problema de programação linear para este modelo e a Figura 10 demonstra como são projetadas as unidades no modelo orientado para insumos.

Tabela 4 Problema de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Insumo com Retornos de Escala Variáveis

Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\min_{\theta, \lambda, s, e} \theta - (1s + 1e)$	$\max_{\mu, v, \omega} \mu Y_\lambda + \omega$
$Y\lambda - s = Y_\lambda$	$vX_\lambda = 1$
$\theta X_\lambda - X\lambda - e = 0$	$\mu Y - vX + 1\omega \leq 0$
$1\lambda = 1$	$\mu \geq 1 \quad v \geq 1$
$\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	

FONTE: Charnes et al., (1996)

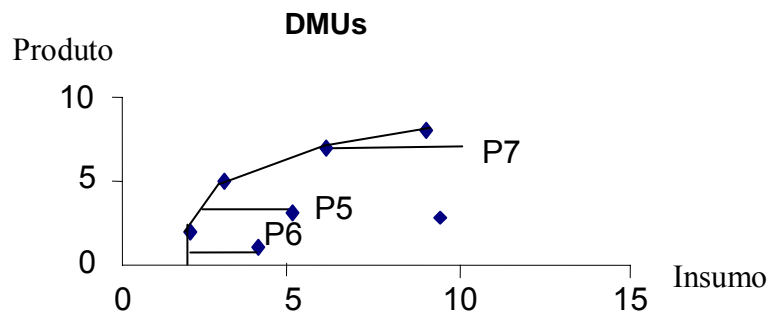


Figura 10 Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Insumo (Fonte: Adaptado de Charnes et al., 1996)

Orientação para Produto

Segundo Charnes et al., (1996), os modelos orientados para produto maximizam o aumento proporcional no vetor produto enquanto este permanece no espaço da fronteira eficiente. Um aumento proporcional é possível até que, pelo menos uma das variáveis de folga de produto alcance valor nulo. A Tabela 5 apresenta o problema de programação linear para este modelo e a Figura 11 demonstra como são projetadas as unidades no modelo orientado para produtos.

Tabela 5 Problema de Programação Linear, Primal e Dual, para o Modelo com Orientação para Produto com Retornos de Escala Variáveis

Retornos de Escala Variáveis (Modelo BCC)	
Primal	Dual
$\max_{\varphi, \lambda, s, e} \varphi + (1s + 1e)$ $\varphi Y_{\lambda} - Y\lambda + s = 0$ $X\lambda + e = X_{\lambda}$ $1\lambda = 1$ $\lambda \geq 0 \quad e \geq 0 \quad s \geq 0$	$\min_{\mu, v, \omega} v X_{\lambda} + \omega$ $\mu Y_{\lambda} = 1$ $-\mu Y + v X + 1\omega \geq 0$ $\mu \geq 1 \quad v \geq 1$

FONTE: Charnes et al., (1996)

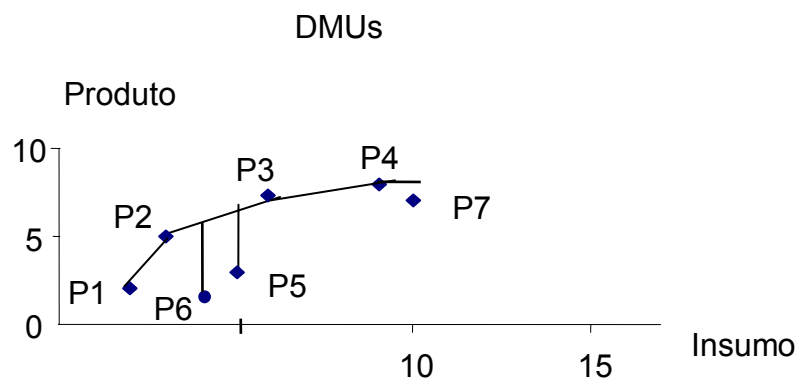


Figura 11 Superfície Envoltória para o Modelo BCC orientado para Produto (Fonte: Adaptado de Charnes et al., 1996)

3.2.4 Identificação de práticas de operação eficientes

As DMUs definidas como eficientes devem servir de *benchmark* para as outras não eficientes, e suas práticas devem ser estudadas para tornar-se base para a elaboração de padrões operacionais (NANCI et al., 2005). Segundo Paiva Júnior (2000), nem todas DMUs na fronteira servem de referência para outras unidades, pois podem estar nela somente por estarem em pontos extremos.

Segundo Athayde et al. (2003), existe uma regra na técnica DEA onde o número de unidades potencialmente eficientes é aproximadamente o produto entre o número de *inputs* e *outputs*, conseqüentemente quanto menor o número de variáveis consideradas, menos DMUs eficientes serão encontradas. Ainda, pode-se obter alguns resultados na técnica DEA:

- a) Com a definição do grupo de referência, pode-se analisar o número de vezes que cada DMU eficiente é referência às outras.
- b) Pode-se analisar cada DMU individualmente, através da porcentagem de aumento ou redução de cada variável da DMU, para que esta se torne eficiente.
- c) Pode-se determinar a contribuição de uma unidade de referência na definição de uma unidade eficiente.

Segundo Boussofiane et al. (1991), as unidades relativamente eficientes são indicativos de boas práticas operacionais, mas entre elas, algumas são melhores e servem de exemplo para outras. A seguir são apresentados alguns métodos para sua identificação:

- a) Segundo Sexton et al. (1986 apud Boussofiane et al., 1991), a freqüência com que uma unidade eficiente aparece como referência a unidades ineficientes é um indicador alternativo de boa prática. A freqüência pode indicar se é um mero auto-avaliador ou um avaliador importante para outras unidades.
- b) Restrições de Pesos: para identificar as unidades relativamente eficientes e eliminar as que obtiveram pesos inadequados, são estabelecidos limites para que os pesos possam variar, obtendo-se entre as unidades relativamente eficientes as que realmente são eficientes.

3.2.5 Restrições aos Pesos na técnica DEA

Segundo Roll e Golany (1993), uma vantagem do DEA em relação à função de produção convencional é a flexibilidade dos pesos dos itens. Em princípio, não é necessário atribuir nenhum valor aos pesos e, os mesmos itens podem receber diferentes pesos, para diferentes unidades. A única restrição requer que eles sejam positivos.

Os modelos de DEA clássicos permitem total liberdade em relação à seleção dos pesos que poderão resultar o máximo valor de eficiência a determinada DMU. Essa liberdade é importante na identificação das unidades ineficientes, caracterizadas como aquelas DMUs

que apresentam um baixo desempenho, inclusive com seu próprio conjunto de multiplicadores. A flexibilidade (com base no PPL – Problema de Programação Linear) na escolha dos pesos é uma das vantagens apontadas à modelagem por DEA. No entanto, os pesos calculados podem ser inconsistentes em relação aos conhecimentos sobre os valores relativos de *inputs* e *outputs*. Assim, a incorporação de julgamentos de valor no cálculo das eficiências surge como uma evolução natural das aplicações da DEA para problemas reais (NANCI et al., 2005).

Para Novaes (2001), a técnica DEA permite que os pesos variem livremente, em princípio. Assim, para se tornarem eficientes algumas unidades atribuem pesos absurdos, indicando certa fragilidade nestes itens em relação a outras unidades eficientes. Assim é interessante avaliar o comportamento dessas unidades após a imposição de restrições nos pesos das variáveis.

A seguir são apresentadas algumas restrições que podem ser utilizadas (Roll e Golany, 1993):

- a) Restrição de variação de peso baseada no julgamento de *experts*: os limites são determinados baseados nos pesos do modelo sem restrições. O analista, com sua experiência define o intervalo de variação dos pesos.
- b) Inserção de DMUs artificiais: empresas modelo com os melhores desempenhos possíveis (GONÇALVES, 2003).
- c) *Cone Ratio*: Novaes (2001) utilizou esta técnica que impõe restrições sobre a relação entre pesos de insumos ou entre pesos de produtos. Como definido em Cooper et al. (2000 apud Novaes, 2001), essa relação é da seguinte forma:

$$L_{1,2} \leq \frac{v_j}{v_i} \leq U_{1,2} \quad (11)$$

Onde:

$L_{1,2}$ e $U_{1,2}$ – limites inferiores e superiores, respectivamente.

v_i, v_j – pesos dos insumos i e j , respectivamente.

Novaes (2001) ainda comenta que ao impor restrições aos pesos das variáveis, percebe-se uma redução nos escores de eficiência. Assim, DMUs que se mostraram eficientes sem imposições nos pesos, podem não continuar eficientes, após imposição destas restrições.

3.2.6 Algumas Limitações e Possíveis Problemas na Aplicação da técnica DEA

Uma das limitações da metodologia DEA compreende a possibilidade de uma DMU atingir a fronteira eficiente através de pesos irrealistas. Contudo, tem a vantagem que, em relação a outras DMUs, mesmo com um conjunto de pesos que a favoreça, não alcançando a eficiência, tem-se a certeza de que esta é realmente ineficiente (PRADO et al., 2005).

A avaliação de eficiência pela DEA é sensível a *outliers*⁵ no conjunto de dados. Conforme Soares de Mello et al. (2003), a retirada de uma DMU pode acarretar uma grande mudança no índice de eficiência final. Este modelo é sensível às mudanças no conjunto de DMUs observadas.

Coelli et al. (2003), apontam algumas limitações e possíveis problemas que podem ser encontrados na aplicação do método DEA:

- a) O método DEA requer apenas uma observação sobre cada caso, sendo mais sensível a erros nos dados em relação as técnicas paramétricas, uma vez que estes erros e outros distúrbios podem influenciar a forma e a posição da fronteira.
- b) Os *outliers* poderão influenciar os resultados.
- c) A exclusão de um insumo ou produto importante pode determinar resultados tendenciosos.
- d) Os escores de eficiência são relativos, somente, às melhores unidades na amostra. A inclusão de unidades extras somente irá manter ou diminuir os escores de eficiência técnica das unidades existentes.
- e) Com o aumento do número de variáveis, a discriminação decresce devido ao aumento das relações existentes entre produtos, insumos e DMUs para a formação da fronteira de produção. Quando se têm poucas observações e muitos insumos e/ou produtos, muitas das unidades aparecerão sobre a fronteira DEA.

3.2.7 Alguns estudos realizados utilizando Modelos DEA

Cook et al. (1991) analisaram a eficiência da manutenção de rodovias de 62 equipes de fiscalização em Ontário, separado em 4 grupos. Foram utilizados como *outputs*: fator de área servida (km), fator de prevenção de acidentes (veículos.km/acid.), tráfego servido médio (veículos.km), fator de classificação do pavimento, e como *inputs*: gastos totais de manutenção, fator climático, gastos com capital (todos os gastos que envolveram a melhora da infra-estrutura, exceto construção, novos acessos, desde que não estivesse diretamente ligado a complementar a manutenção).

Rouse et al. (1997) realizou uma aplicação na manutenção rodoviária na Nova Zelândia. O esquema proposto considerava múltiplas perspectivas da organização com uma estrutura de medidas fazendo uma ligação entre os fatores críticos de sucesso e os fatores que afetam os custos e os métodos de análises de dados. Foram realizadas distinções entre medidas de resultados, *outputs* e *inputs*, partindo as análises em noções gerenciais de eficiência, efetividade e economia.

Azambuja (2002) analisou a eficiência em gestão do transporte urbano por ônibus em alguns municípios brasileiros. Utilizou retornos variáveis a escala, com orientação para produtos. O modelo de eficiência incluiu, como produtos, Número Médio de Passageiros transportados por Ano e Quilômetros em Serviço por Ano. Os insumos foram: Número Total de Linhas existentes no município, Número Total de Funcionários (motoristas, cobradores, despachantes/fiscais, manutenção, pessoal na administração das operadoras, pessoal na gestão, outros) e Número Total de Ônibus. Alguns municípios se destacaram como exemplos de unidades de trabalho que realizam práticas de qualidade superior em seus sistemas de transporte coletivo por ônibus.

Meza et al. (2002) avaliaram a eficiência de vendas de companhias aéreas brasileiras entre 1998 e 2000. Os autores utilizaram a abordagem DEA-Multiobjetivo. O *output* utilizado foi passageiros.km pago, e os *inputs* foram: pessoal de vendas e passageiros.km oferecido. Foi utilizado o modelo denominado modelo com dominância MORO-D (Angulo-

⁵ *Outliers* - são aquelas unidades distintas da caracterização geral do grupo a ser analisado. Na técnica DEA, estes podem causar distorções na fronteira de eficiência.

Meza, 2002) que utiliza restrições para diminuir a produção e aumentar os recursos. Foi considerada situação de VRS.

Gomes et al. (2002) verificou a eficiência de 15 aeroportos brasileiros e 8 internacionais. Foram analisados 3 modelos através de VRS. Um modelo parcial operacional considerou como *inputs*: número total de funcionários e *output*: movimento de passageiros e aviões. Um modelo parcial comercial considerou os *inputs*: movimento de passageiros e aviões e *outputs*: receitas não aeroportuárias (RNA). E, um modelo global considerou como *inputs*: número total de funcionários e como *outputs*: movimento de passageiros e aviões e RNA.

Gomes et al. (2003) analisaram o desempenho de 5 rodovias federais sob o ponto de vista do usuário e da agência reguladora, representando os desejos de melhores serviços. Foram utilizados dois modelos parciais e dois globais. Os modelos globais foram denominados benevolente e agressivo. O benevolente considerou que, para uma unidade ser eficiente, era necessário que fosse eficiente em somente um dos modelos parciais. O modelo agressivo considerou que o índice de eficiência era o produto dos dois parciais. As variáveis utilizadas foram acidentes/km, investimentos/km, tráfego/km e receita-dia/km.

Soares de Mello et al. (2003) avaliaram a evolução do transporte aéreo da ponte Rio-São Paulo com o modelo DEA através de dupla envoltória. Os autores utilizaram o modelo CCR (CRS), onde foram analisadas as variáveis preço da passagem, número de vôos diários e rotas. Foram analisadas 25 DMUs, considerando uma empresa em anos diferentes, como distintas DMUs.

Athayde et al. (2003) analisaram o desempenho financeiro do transporte rodoviário de cargas no ano de 2000 através do DEA e realizaram uma comparação com o ranking de uma revista. Foram analisadas 123 empresas. As variáveis utilizadas como *inputs* envolveram: patrimônio líquido, liquidez corrente, inverso do endividamento geral, e como *outputs*: receita operacional líquida, lucro líquido e rentabilidade sobre a receita. Após análise de correlação foi descartada a receita operacional líquida, e devido à existência de poucos dados (DMUs) foi excluído o inverso do endividamento geral, por apresentar a menor correlação. Em função da presença de grandes variações de escala, a formulação básica DEA indicada foi a BBC (VRS). Mesmo assim foram analisadas 4 formulações: tanto o modelo BBC quanto o CCR e, tanto a orientação para *inputs* quanto para *outputs*.

Sampaio et al. (2005) analisou 19 sistemas de transporte público metropolitano, sendo 7 brasileiros e 12 estrangeiros. Foram utilizados como *inputs*: custo operacional do sistema (custos operacionais), número total de veículos equivalentes (capital) e número de empregados (mão-de-obra) e como *output*: número total de passageiros transportados pelo sistema. As análises foram baseadas em retorno variáveis de escalas.

Prado et al. (2005) apresentou uma metodologia para análise de eficiência técnica de linhas de transporte urbano, juntamente com um sistema de informações geográficas. Foram analisadas 102 linhas de ônibus do município de Anápolis. As variáveis utilizadas como *inputs* foram: o número de veículos e motoristas, quilômetros rodados e viagens realizadas por DMU e, para *output*: passageiros transportados por DMU. O modelo aplicado foi o DEA tipo CCR.

Nanci et al. (2005) avaliaram a eficiência de operadores logísticos na distribuição domiciliar de jornais. Neste trabalho, utilizaram a restrição de pesos do DEA. Foram avaliadas 9 empresas do Rio de Janeiro. O objetivo deste estudo buscou compreender os motivos da eficiência, comparando os índices de eficiência encontrados com duas variáveis compostas. Ainda, foram verificados a correlação e o índice de significância. As DMUs, por apresentarem características geográficas e sócio-econômicas muito distintas, foram homogeneizadas em grupos semelhantes e cada grupo foi analisado separadamente. O modelo utilizado foi o CCR, orientado para *inputs*.

3.2.8 Considerações sobre os dados em relação à DEA

Coelli et al. (2003) alertam que podem existir diferenças entre o tamanho das unidades, suas escalas de produção, variação de preços dos insumos entre unidades, anos não típicos e, mudanças no regime regulatório. Estes diferenças demonstram a dificuldade de escolha das variáveis adequadas. No entanto, pode-se minimizar estes problemas se o regulador possuir uma base de dados de qualidade e utilizar métodos sofisticados para medição de eficiência.

A modelagem DEA permite determinar a eficiência de unidades produtivas onde não seja predominante ou não se deseja considerar somente o aspecto financeiro. O objetivo do

DEA é comparar certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferem nas quantidades de *inputs* que consomem e *outputs* que produzem (MEZA et al., 2002).

Para utilizar o método DEA é necessário que as DMUs pertençam a um grupo homogêneo, ou seja, as unidades devem desempenhar as mesmas tarefas, mesmos objetivos, os insumos e produtos são iguais diferindo apenas em intensidade e magnitude (PRADO et al., 2005).

Paiva Júnior (2000) sugere que as variáveis a serem utilizadas passem por uma análise crítica de um grupo de especialistas. Análises quantitativas podem ajudar nessa seleção, através do levantamento de parâmetros e análise de correlação entre elas. Assim, busca-se uma correlação linear não negativa entre os *outputs* e *inputs*, visto que o DEA realiza comparação entre DMUs similares.

É aconselhável que exista uma relação de causa-efeito entre *inputs* e *outputs*. A inexistência desse tipo de relação pode tornar conveniente o uso de modelos DEA parciais em que essa relação exista. Dessa forma, evita-se o uso de um modelo com grande número de variáveis, sem relação de causalidade (GOMES et al., 2003).

Segundo Athayde et al. (2003), para que o resultado seja consistente, é recomendado o uso de pelo menos o triplo de DMUs em relação ao número de variáveis, buscando resultados mais consistentes e diminuindo o risco da presença de fatores externos irrelevantes. Para Gomes et al. (2003), um modelo com grande número de variáveis pode acarretar outro problema, qual seja, uma avaliação muito benevolente, com várias DMUs plenamente eficientes. Ainda, existe uma recomendação empírica de que o número de DMUs deve ser pelo menos o dobro ou o triplo do número de variáveis. Segundo Gonzales Araya (2002), estudos mais recentes indicam que essa relação deve ser ainda maior (4 a 5 vezes), em especial, quando além do índice de eficiência deseja-se analisar os *benchmarks* das unidades em avaliação.

Gomes et al. (2001) consideraram em seu trabalho as mesmas empresas em anos diferentes como DMUs distintas, possibilitando uma análise da evolução temporal de sua eficiência. Soares de Mello et al. (2003) justificam que essa é uma hipótese razoável, onde as técnicas de gestão não apresentaram mudanças substanciais. Meza et al. (2002) comentam que uma referência mais antiga é uma situação que fornece diretrizes impossíveis de serem

aplicadas na prática. Ainda assim, alguns resultados interessantes podem ser destacados, de forma que se a eficiência aumentar, a empresa foi gerida na direção do seu alvo.

3.2.9 Levantamento de Variáveis utilizadas na literatura pesquisada

Os indicadores de eficiência avaliam o processo pelo quais os serviços de transporte são produzidos, particularmente através da relação de insumos e produtos. Alguns indicadores de desempenho podem ser utilizados em transporte para medir a eficiência.

Golany e Roll (1989) sugerem que se deve ter cuidado na escolha das variáveis que farão parte da análise, pois a DEA é uma técnica em que se obtém a eficiência relativa de unidades “comparáveis”, onde sempre existem diferenças importantes entre essas unidades, durante a escolha das DMUs.

Os indicadores são utilizados para medir a produtividade e podem avaliar o desempenho e/ou a gestão. Os indicadores de desempenho são necessários para o controle e verificação da produtividade, demonstrando de que maneira são utilizados determinados componentes do desempenho da empresa. Estes indicadores servem para mensurar quanto a empresa está sendo eficiente e eficaz. Os indicadores de gestão complementam os indicadores de desempenho, pois demonstram se o sucesso da empresa está ligado aos resultados dos indicadores de desempenho e o entendimento dos resultados (COSTA, 1996).

As principais variáveis e indicadores encontrados na bibliografia foram organizados em uma tabela para melhor compreensão. A Tabela 6 apresenta as principais referências.

Tabela 6 Tabela resumo das variáveis e indicadores relevantes encontrados na literatura

FONTE	TIPO	VARIÁVEL OU INDICADOR
Putterill e Rouse (1993)	Financeiro	Percentual de manutenção em relação a somatória de recapeamento, correções de forma e custos de manutenção geral
		Unidade de custo de recapear por km de recapeamento
		Percentual de rodovia recapeada vezes o total de extensão de rodovias recapeadas
		Unidade de custo de manutenção por km de extensão de rodovia
Rouse, Putterill, Ryan (1997)	Desempenho	veículos.km anual
	Eficiência	<i>Output</i> : Km de recapagem e reabilitação, gastos na manutenção geral. <i>Input</i> : Gasto total

FONTE	TIPO	VARIÁVEL OU INDICADOR
	Efetividade	<i>Output:</i> Km de recapagem e reabilitação, gastos na manutenção geral. <i>Input:</i> rugosidade de rodovias, índice da condição da superfície
	Economia	<i>Output:</i> rugosidade de rodovias, índice da condição da superfície e nível de serviço. <i>Input:</i> Gasto total
Estache e De Rus (2000)	Desempenho da operação da concessão	Disponibilidade de faixas
		Média de velocidade por período e por dia
		Disponibilidade de postos de pedágio
		Tempo de espera em filas nos postos de arrecadação
		Indicadores de acidentes e segurança
		Disponibilidade de equipamentos de emergência
		Indicadores de qualidade (aderência, rugosidade, sinalização, iluminação)
	Indicadores de Receita	Volume de tráfego por categoria de veículos
		Volume de tráfego por tempo e dia (pico e fora de pico)
		Receita coletada por categoria de veículo
		Receita coletada por tempo e dia (pico e fora de pico)
		Receita gerada por serviços auxiliares
		Receita gerada por multas
		Receitas e volumes desde diferentes programas de desconto (trabalho, alta frequência)
	Indicadores de custos	Despesas por atividade da operação
		Cobrança do pedágio
		Manutenção da rodovia
		Operação da rodovia
		Serviços de emergência
		Custos de serviços especiais para usuários particulares (pesagem de caminhões)
	Indicadores de investimentos	Investimento gasto dividido pelo orçamento
		Investimentos físicos (km de faixas recapeadas)
	Indicadores financeiros	Lucro por receita bruta
		Capital de trabalho
		Serviço de cobertura da dívida
		Serviço de projeções da dívida
		Dívida : percentual de lucro
Dívida: percentual dos ativos		
Retorno em ativos		
Ativos por classes (bruto e líquido e amortização)	Km de Infra-estrutura rodoviária	
	Número de Equipamentos	
	Serviços auxiliares	
	Manutenção e programa de reabilitação	
Informação financeira das garantias	Renda, balanço e fluxo de caixa (auditados)	
	Capital de trabalho	
	Serviços programados da dívida e estruturas da moeda corrente	

FONTE	TIPO	VARIÁVEL OU INDICADOR
SSATP (1999)	Acessibilidade / Mobilidade	Custos médios dos motoristas (consumo, taxas, pedágios)
		Densidade de rodovias (km/área de abrangência)
	Segurança	Nº mortes e acidentes / veículos.km
		Nº mortes e acidentes de pedestres
	Ambiental	Existência ou não de programa ou política ambiental
	Benefícios Sociais	Percentual da população beneficiada pela rodovia
	Programa em desenvolvimento	Percentual executado do programa anual de trabalho (construção, manutenção e operação)
	Programa entregue	Previsão de gastos com rodovias <i>versus</i> o gasto anual (construção, manutenção e operação)
		Percentual trabalho executado por mão-de-obra direta e terceirizada
	Programa de desempenho	Valor dos ativos
		Rugosidade (IRI)
		Capacidade de suporte/deflexão
		Espessura da superfície de cascalho
Defeitos em superfície de ponte		
	Nº de estradas interditadas e dias com estradas interditadas	
WBI (2006)	Segurança Rodoviária	Vítima séria de acidente/população; vítima séria de acidente/veículo.km, mortes no trânsito/população; mortes no trânsito/veículos.km; pessoas hospitalizadas/população; pessoas hospitalizadas/veículos.km; custo social de vítimas de acidente/população; custo social de vítimas de acidente/veículos.km
	Ambiente	Emissões de gases que provocam o efeito estufa
	Tempo de Viagem	Tempo de viagem atual, tempo nominal de viagem, indicador de congestionamento, variabilidade do tempo de viagem
	Manutenção Rodoviária	Efetividade na manutenção rodoviária
	Eficácia na construção rodoviária	Custo/benefício com construção, índice de realização
Cook et al. (1991)	Eficiência	<i>Output</i> : fator de área servida (km), fator de prevenção de acidentes (veículos.km/acidentes), tráfego servido médio (veículos.km), fator de classificação do pavimento <i>Input</i> : gastos totais de manutenção, fator climático, gastos com capital (todos os gastos para melhoria da infra-estrutura)
Gomes et al. (2003)	Eficiência	(Investimentos/km e Tráfego/km) / (Acidentes/km)
		(Investimentos/km) / (Tráfego/km e Receita/km)

3.3 RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DE CADA MÉTODO

A Tabela 7 apresenta um resumo sobre as principais características dos métodos mais utilizados para medir eficiência e produtividade, descritos anteriormente.

Tabela 7 Comparação entre os Métodos para Medição de Eficiência

Categoria	Abordagem Não-Paramétrica		Abordagem paramétrica
	Números-Índices	Análise Envoltória de Dados - DEA	Funções de Produção e de Custo – (Stochastic Frontier Analysis)
Descrição	Comparam-se as relações entre insumos ou produtos entre duas unidades ou dois períodos de tempo para medir o TFP.	Método de programação linear que constrói empiricamente uma função linear por partes, não-paramétrica, que se apóia sobre os dados observados. A eficiência é calculada comparando-se a relação produto/insumo de cada DMU com a máxima encontrada. Para cada unidade ineficiente, a solução identifica as unidades eficientes que servirão de referência.	Método econométrico que estima uma relação funcional de produção ou de custos, onde também considera na função uma parte como erro que captura perturbações imprevisíveis e a ineficiência técnica. A Eficiência Técnica mede a relação do produto observado pelo máximo produto possível. A eficiência de Custo é a relação do mínimo custo possível pelo custo observado.
Dados Necessários	Quantidade e preços em <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para duas ou mais empresas num período ou de uma empresa em 2 períodos. O estudo pode ser realizado com apenas duas observações;	Quantidades de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para uma amostra de empresas, ideal sobre um conjunto de anos. Não obstante, se é possível a obtenção dos preços dos dados, pode-se também usá-los para calcular a eficiência alocativa.	Para a função de produção: dados em <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para uma amostra de empresas, ideal sobre um número de anos. Funções de custo: custos totais, quantidades de <i>outputs</i> e quantidades e preços de <i>inputs</i> . Necessita um grande número de empresas observadas em cada período para estimar a tecnologia de fronteira para cada ano. Requer grande quantidade de dados para obter estimativas robustas, o que não é possível em sistemas de regulação recém implementados.
Interpretação	São simples e fáceis de interpretar, com fácil visualização gráfica. Assume que todas as empresas são eficientes.	Identifica um conjunto de empresas similares (empresas eficientes com similar conjunto de <i>input</i> e <i>output</i>) para cada empresa ineficiente;	Tenta explicar os ruídos nos dados (Redução das perturbações externas dos dados);
Flexibilidade	Necessidade de informação de preços. A produtividade não pode ser desagregada em seus componentes (eficiência técnica, de escala, etc.).	Pode facilmente manipular múltiplos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> ; Permite que cada DMU selecione o conjunto de pesos, de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. Pode incluir variáveis diferentes de insumo e produto, como atributos do	Variáveis ambientais são facilmente tratadas; Fácil para identificar agentes externos; Funções de custo podem tratar de múltiplos <i>outputs</i> e <i>inputs</i> . A abordagem de fronteira estocástica é somente bem desenvolvida para tecnologias com um único produto, a

Categoria	Abordagem Não-Paramétrica		Abordagem paramétrica
	Números-Índices	Análise Envoltória de Dados - DEA	Funções de Produção e de Custo – (Stochastic Frontier Analysis)
		<p>ambiente ou do processo de produção.</p> <p>Pode identificar as fontes de ineficiências, enfatizando quais recursos estão sendo usados em excesso nas unidades ineficientes. Contudo, assume que todos os desvios da fronteira são devido à ineficiência. Isso pode influenciar a localização da fronteira.</p>	<p>menos que se assuma o objetivo de minimização de custo.</p> <p>A tecnologia de produção precisa ser especificada por uma forma funcional.</p>
Erros e Estatística	<p>Não é possível testar se o índice de produtividade para uma observação específica é estatisticamente significativo.</p>	<p>Não assume uma forma para a função ou para a distribuição dos erros, sendo assim menos propensa a erros.</p> <p>Como requer apenas uma observação, é mais sensível a erros nas medidas, que podem influenciar a forma e a posição da fronteira. É sensível a <i>outliers</i>.</p> <p>Testes tradicionais de hipóteses são possíveis usando a pesquisa de Simar e Wilson (2000 apud Coelli et al., 2003).</p>	<p>A desagregação do erro (variável de perturbação) e componentes de eficiência podem ser afetados por uma determinada forma de distribuição estatística onde o desvio do erro é uma indicação da ineficiência.</p> <p>Nem sempre padrões semelhantes de variação entre duas variáveis são indicativos da existência de uma relação de causa e efeito entre as mesmas, podendo essa variação ocorrer devido ao acaso ou à influência oculta de uma terceira variável não determinada.</p> <p>Permite confundir efeitos de má especificação da forma funcional com ineficiência.</p> <p>Permite tradicionais testes estatísticos de hipóteses;</p> <p>Não são tão sensíveis a <i>outliers</i>, pois trabalham com a relação média.</p>

Fonte: Adaptado de Coelli et al. (2003) e Azambuja (2002)

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A metodologia DEA permite, através de programação matemática, a análise de eficiência técnica de Farrell (1957) de DMUs com múltiplos insumos e produtos, identificando a fronteira de produção empírica, com base nas unidades de melhor prática e fornecer um conjunto de referência para as unidades ineficientes (PRADO et al., 2005).

Em relação à restrição de pesos, mesmo quando não se possui uma informação sobre a importância relativa dos diferentes fatores (variáveis), pode-se controlar o intervalo de variação dos pesos.

A partir das variáveis e indicadores utilizados por diversos autores, este estudo realiza a aplicação de um método de análise para medir a eficiência das concessões rodoviárias no Rio Grande do Sul. As medidas de eficiência podem proporcionar a verificação de como as empresas vêm desenvolvendo o seu papel como provedoras de infra-estrutura de transporte, atendendo às necessidades mínimas definidas pelos órgãos gestores.

No Capítulo 4 é descrita a metodologia utilizada para a avaliação da eficiência em diversas concessionárias, como forma de destacar as empresas com melhor gestão do pólo concedido. As concessionárias eficientes são utilizadas como *benchmarking*, e suas práticas são recomendadas como referências a serem consideradas pelas demais.

4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

Este capítulo descreve a metodologia utilizada para avaliar o nível de eficiência que as empresas concessionárias têm apresentado na gestão da infra-estrutura de transporte concedida, bem como a justificativa da utilização da técnica de Análise Envoltória de Dados.

4.1 ANÁLISE DA FERRAMENTA UTILIZADA

Este estudo visa contribuir para a gestão das empresas provedoras de infra-estrutura do transporte rodoviário. Para isso, busca-se analisar aspectos de eficiência técnica e identificar padrões de eficiência que sirvam de referência para o conjunto de concessões analisado.

Em relação aos métodos de análises de dados, alguns critérios são relevantes: (ROUSE; PUTTERILL, 2003):

- a) A consideração de uma visão multidimensional;
- b) O método deve auxiliar a organização em sua aprendizagem e *benchmarking*;
- c) Indicadores facilmente identificados e compreendidos tornam possível o estabelecimento de um *ranking* e a identificação de diferenças no desempenho;
- d) Políticas locais e circunstâncias devem ser refletidas nos pesos utilizados para obtenção dos índices de eficiência na avaliação das áreas de estudo.

A seguir é apresentado um resumo das técnicas analisadas, destacando vantagens e desvantagens de sua aplicação e justificando a opção pela Análise Envoltória de Dados, aplicada neste estudo.

Conforme Azambuja (2002) e Coelli et al. (2003), os números-índices possuem a vantagem de serem simples de calcular e interpretar. Porém, esta técnica necessita de informações sobre preços para a estimação e as comparações só podem ser realizadas entre

dois períodos de tempo para uma mesma unidade ou empresa ou, entre duas unidades para um mesmo período de tempo. Essas comparações não consideram a relação de economias de escala, escopo ou de rede, podendo apresentar resultados distorcidos. Assim, esse método não é adequado para os objetivos propostos neste estudo.

Os métodos de análise de regressão tradicionais ajustam uma função buscando tendências de comportamento entre os dados analisados. Com isso, as regressões não representam as fronteiras eficientes e os desempenhos são obtidos com base em parâmetros médios, sendo menos sensíveis a oscilações nos dados. Neste caso as referências podem ser irreais por assumirem condições médias e sempre subestimam as situações de melhor desempenho.

Nas funções de fronteira estocástica, pode-se desagregar o erro randômico do erro devido à ineficiência. Para isso é necessário especificar uma forma da distribuição de erros além da função de produção ou de custo. Dessa forma, essas ineficiências se tornam sensíveis às suposições das distribuições. Além disso, permanece a dificuldade de estabelecer os parâmetros das funções, comprometendo sua especificação.

Conforme Smith e Mayston (1987), na análise envoltória de dados (DEA), por ser uma técnica não paramétrica que define fronteira eficiente utilizando programação linear, as ineficiências correspondem à distância entre a fronteira eficiente e cada unidade observada. Esta técnica não requer a suposição de uma forma funcional para a relação entre insumos e produtos, além de não necessitar de um conjunto de pesos pré-especificados para indicar a importância relativa das diferentes variáveis e DMUs.

Segundo Rouse et al. (1997), embora que, freqüentemente, muitas organizações utilizem medidas simples de eficiência, estas representam uma perspectiva limitada de suas atividades, não avaliando de forma mais ampla. Com isso, a combinação de múltiplos insumos e produtos em um só índice de eficiência, compõe uma medida de eficiência capaz de avaliar rapidamente o desempenho de uma empresa. A técnica DEA ainda apresenta a capacidade de incorporar fatores não econômicos como insumos ou produtos. Na ausência de preços de mercado, e sem necessidade de especificar uma relação funcional entre eles.

Azambuja (2002) destaca outra vantagem da DEA em relação às demais técnicas. Além de não requerer preços de mercado para insumos e produtos, além de permitir a

utilização de múltiplos produtos e insumos na análise. Como esta técnica baseia-se em pesos de insumo e produto individuais, para cada unidade em análise, ela permite identificar quais insumos estão sendo utilizados em excesso e quais são mais importantes para que a respectiva unidade venha a se tornar eficiente.

O levantamento de melhores práticas e o estabelecimento de padrões operacionais em determinado negócio pode ser oneroso e consumir recursos humanos e tempo de trabalho, muitas vezes indisponíveis nas empresas, razão que as levam à contratação de consultorias especializadas. Por isso, uma das principais vantagens da metodologia DEA envolve a possibilidade de se estabelecer *benchmarks* sem a necessidade de estudos exaustivos em campo sobre todo o conjunto de DMUs que se deseja avaliar (NANCI et al., 2005).

Contudo, a técnica DEA apresenta uma desvantagem em relação aos métodos de fronteiras estocásticas, uma vez que utiliza somente uma observação para cada unidade, tornando-se mais sensível a erros de medidas. Ainda, a presença de *outliers* pode influenciar na definição da fronteira de eficiência e conseqüentemente gerar alterações de resultados. É importante destacar, também, que havendo poucas observações (unidades) e muitas variáveis, um número grande de unidades poderá aparecer sobre a fronteira.

Para avaliar as empresas concessionárias, partindo das características de cada técnica, e de acordo com os dados disponíveis para este estudo, foi escolhida a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). A escolha se justifica pelo fato de que se deseja analisar vários insumos e, as informações sobre investimentos e receitas estão disponíveis. Ainda, esta técnica é adequada na medida em que todas as concessionárias possuem o mesmo objetivo principal de aumentar seus lucros, respeitando as metas estabelecidas no Projeto de Exploração da Rodovia (PER).

4.2 LEVANTAMENTO DA BASE DE DADOS

Neste trabalho, foram avaliadas as concessões estaduais de rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Os dados financeiros, físicos e de fluxo de veículos foram obtidos no “Relatório Final dos Serviços Técnicos Especializados de Apoio à AGERGS no Exame do Equilíbrio Econômico-Financeiro dos Contratos de Concessão Rodoviária Integrantes do

Programa Estadual de Concessão Rodoviária (PECR)”, fornecido e autorizado pela AGERGS para esta pesquisa. Foram utilizados dados correspondentes aos períodos decorrido dos contratos conforme a Tabela 8.

Tabela 8 Períodos decorrido dos contratos

Pólos	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Carazinho	Mar01 – Fev02	Mar02 – Fev03	Mar03 – Fev04	Mar04 – Set04
Caxias do Sul, Lajeado, Metropolitano	Abr01 – Mar02	Abr02 – Mar03	Abr03 – Mar04	Abr04 – Set04
Gramado, Santa Cruz, Vacaria	Jun01 – Mai02	Jun02 – Mai03	Jun03 – Mai04	Jun04 – Set04

Fonte: AGERGS (2005)

Consta no relatório que os dados deveriam corresponder até dezembro de 2004, porém não foram concluídos os levantamentos do 4º trimestre de 2004. Os dados do 3º ano não foram utilizados por tratar-se de um período curto e com grande variação de investimentos, função de ser o início do processo de concessões, sendo considerados sem valor representativo para a análise.

Os dados do Índice de Imagem foram retirados dos relatórios de Pesquisa do Índice de Imagem do *site* do Departamento Estadual de Estradas e Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER, 2006). Os dados de extensão das rodovias foram complementados com o Sistema Rodoviário Estadual 2006 do DAER. Os dados sobre acidentes em rodovias estaduais foram obtidos da base de dados do Batalhão de Polícia Rodoviária Estadual (BPRE) e os das rodovias federais foram fornecidos pelo Núcleo de Registro e Medicina Rodoviária do Batalhão de Polícia Rodoviária Federal (BPRF).

As variáveis que constam nestes relatórios e que compõem, previamente, o banco de dados a ser utilizado neste trabalho podem ser divididas nas seguintes categorias:

- a) Variáveis físicas: extensão de rodovia (km);
- b) Variáveis referentes à qualidade: Índice de Imagem e Índice de Acidentes (%);
- c) Variável referente ao Fluxo de veículos: Volume Diário Médio anual - VDM (número de veículos);
- d) Variáveis referentes aos Investimentos realizados (R\$): Recuperação inicial; Restauração; Obras de Melhoria e Ampliação de Capacidade; Manutenção; Reabilitação Final; Infra-estrutura para Operação/Conservação; Equipamentos / Sistemas / Veículos; Edificações de Apoio (Obras Cíveis / Projetos);

- e) Variáveis referentes a Despesas Operacionais (R\$): Administração e Operação – Mão-de-Obra; Administração e Operação - Outros Custos; Custo de Conservação; Seguros; Guincho e Ambulância;
- f) Variáveis referentes à Receita Total (R\$): Receita Efetiva; Receita Total Possível (onde desconsidera as Perdas de Receita com Benefícios Oficiais - Lei 11.460, Paralisações Judiciais, Rotas de Fuga, Rota de fuga não considerada).

As variáveis (i) recuperação inicial, (ii) obras de melhoria e ampliação de capacidade, (iii) reabilitação final, (iv) infra-estrutura para operação/conservação, (v) edificações de apoio (obras civis / projetos) e, (vi) guincho e ambulância foram excluídas do estudo por não apresentarem dados em todos os períodos analisados.

Todos os valores financeiros apresentados nos relatórios da AGERGS, estavam na data-base de fevereiro de 1996, já retroagidos por indexadores conforme a fórmula paramétrica de reajuste dos contratos, o que garante a consistência da comparação efetuada. Cabe ressaltar que a variável receita total possível representa informações nas quais desconsidera as perdas de receita, obtidas através de estudos da AGERGS.

Em relação à extensão total de rodovias, os trechos com pista dupla foram considerados como uma extensão adicional à extensão que consta nos relatórios da AGERGS. O Índice de Imagem foi considerado igual para toda a extensão do pólo.

Para uniformizar os dados a serem analisados foram realizadas algumas adaptações nas variáveis. As variáveis referentes a custos e receitas para o ano-base de 1996 foram divididas pela extensão total de trechos concedidos e pelo número de dias para cada ano de contrato, para todas as unidades. Para a variável “índice de acidentes”, além de aplicada à transformação anterior, a mesma foi dividida pelo VDM.

Algumas notas explicativas sobre as variáveis disponíveis foram inseridas na seção 5.2. Os dados utilizados são apresentados no ANEXO A.

4.3 CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Esta pesquisa partiu do princípio que as empresas analisadas poderiam obter o seu produto, minimizando o nível de insumos, o que levaria à redução de seus custos médios. Em relação às condições de mercado, todas as empresas estão subordinadas ao poder público, que define, através dos contratos, os padrões de serviço a serem prestados. Quanto aos fatores que caracterizam o desempenho, todas as concessões foram avaliadas sobre o mesmo índice (ou indicador) de eficiência, construído a partir dos insumos e produtos disponíveis nos bancos de dados.

Para facilitar a introdução dos dados no *software* IDEAS (utilizado neste estudo para aplicar a técnica DEA), optou-se por padronizar os dados, colocando-os em uma escala percentual (entre 0 e 100). Para tanto, dividiu-se o dado observado em cada unidade (produto ou insumo), pelo maior valor do respectivo dado, encontrado no conjunto de unidades. Os valores padronizados são apresentados APÊNDICE A.

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Foram construídos quatro modelos de análise, buscando representar diferentes aspectos das concessões. Cada modelo é formado por uma composição de variáveis. Para a especificação dos modelos finais, foram adotadas as etapas descritas nas seções a seguir.

4.4.1 Escolha das variáveis

No caso dos insumos, foram utilizadas variáveis que apresentaram informação completa, para todos os anos. Foi analisada, também, a existência de *outliers* nos dados, visto que na técnica DEA, estes podem causar distorções na fronteira de eficiência. Foi verificado, através de diagrama de dispersão, o confronto entre todas as variáveis. Os diagramas de dispersão são apresentados no APÊNDICE B.

Para a montagem dos índices de eficiência da gestão das concessões rodoviárias por parte das concessionárias, foi testado o método sugerido por Norman e Stoker (1991). Este

método consiste em verificar a correlação entre todas as variáveis e selecionar as duas variáveis com maior correlação, uma representando um produto e outra um insumo. Para cada unidade analisada, calcula-se a razão, dividindo a quantidade de produto pela quantidade de insumo, identificando o primeiro índice de eficiência. O processo continua com a realização de novas correlações entre este índice e as outras variáveis. A terceira variável a ser incluída no índice de eficiência, podendo ser produto ou insumo, é aquela que apresenta maior correlação com o primeiro índice. Caso seja um insumo, a variável é incluída no denominador; caso seja um produto, é incluída no numerador. A partir deste momento, para medir a eficiência, é necessário utilizar um *software* com programação matemática (neste caso utilizou-se o IDEAS). A eficiência das unidades é medida através desse novo índice e uma nova análise de correlação deste índice é realizada com todas as demais variáveis. Uma outra variável fortemente correlacionada com este índice é identificada para ser incluída no modelo. O processo se repete até que não se tenham variáveis altamente correlacionadas com o último índice obtido. Conforme Azambuja (2002), a inclusão de novas variáveis poderá levar a um aumento dos escores de eficiência, permitindo que cada unidade atribua os pesos que mais lhe favoreça às variáveis incluídas no modelo de eficiência.

Na construção dos índices de eficiência, foram realizadas análises estatísticas das informações, como apoio para a inclusão das variáveis no modelo, através do *software* Excel versão 2003 (Microsoft, Co., 2005). A partir da inclusão da terceira variável, a eficiência deve ser medida através de *softwares* com programação matemática. Neste trabalho, foi utilizado o *software* IDEAS - *Integrated Data Envelopment Analysis System* - versão 5.1, desenvolvido por I CONSULTING, Inc. (1995).

As análises de correlação entre os índices de eficiência e as demais variáveis, realizadas com a utilização deste método, não foram satisfatórias, demonstrando que os insumos não variam de maneira linear.

Este método de correlação é recomendado, normalmente, como apoio quando se possuem muitas variáveis e existe grande dificuldade de escolha entre elas. Como este método não se apresentou útil neste caso e a base de dados possui poucas variáveis, optou-se por utilizar aquelas mais representativas, que explicam melhor as decisões gerenciais. Prado et al. (2005) afirma que na escolha das variáveis é importante buscar na literatura fatores já validados para reduzir o ônus de um processo de validação.

4.4.2 Análise de Eficiência das concessionárias entre o 4º e o 7º ano de contrato

Para análise de eficiência das concessionárias, foram criados quatro modelos para análise, que utilizaram dados de fontes oficiais. Foi analisada a base de dados do 4º ao 7º ano de contrato, composto pelos sete pólos de rodovias concedidas no Estado do Rio Grande do Sul. Para os quatro modelos são utilizados os mesmos insumos variando o produto como forma de avaliar a eficiência sob o ponto de vista do empresário ou do usuário do sistema.

Modelo 1: Este modelo analisa a Eficiência Empresarial, onde se procura analisar o desempenho da concessionária sob o ponto de vista do empresário, cujo foco é no lucro. Assim, o produto considerado é a variável Receita Efetiva.

Modelo 2: Este modelo analisa a Eficiência Empresarial, considerando um cenário hipotético que utiliza como produto a variável Receita Total Possível, que desconsidera as perdas de arrecadação.

Modelo 3: Este modelo analisa a Eficiência de Imagem, avaliando o desempenho das concessionárias de rodovias sob o ponto de vista dos usuários, considerando como produto a variável Índice de Imagem.

Modelo 4: Este modelo analisa a Eficiência de Segurança, avaliando a relação entre o número de acidentes e os gastos das concessionárias. Para tal, foi utilizado como produto o inverso da variável Índice de Acidentes⁶, onde um escore alto desta divisão representa maior segurança.

A equação (12) apresenta a expressão matemática dos modelos:

$$EFICIÊNCIA_i = \frac{a_1 \cdot PRODUTO(Y)}{a_2 \cdot INSUMO(A) + a_3 \cdot INSUMO(B) + a_4 \cdot INSUMO(C) + \dots + a_j \cdot INSUMO(K)} \quad (12)$$

Onde:

⁶ Como o objetivo é minimizar os acidentes, para poder inserir a variável Índice de Acidentes, foi utilizado como produto o inverso deste índice $\left(\frac{1}{\text{Índice de Acidentes}} \right)$ com a finalidade de maximiza-lo, onde um escore alto representará maior segurança.

$a_1, a_2, a_3, a_4, \dots, a_j$ - são os pesos atribuídos às variáveis pela unidade “i”.

$$\begin{array}{cccc}
 \text{MODELO 1} & & \text{MODELO 2} & & \text{MODELO 3} & & \text{MODELO 4} \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 EF_1 = \frac{\text{Receita Efetiva}}{\text{Insumos}} & EF_2 = \frac{\text{Receita Total Possível}}{\text{Insumos}} & EF_3 = \frac{\text{Índice de Imagem}}{\text{Insumos}} & EF_4 = \frac{\text{Índice de Acidentes}}{\text{Insumos}}
 \end{array}$$

A análise de eficiência foi avaliada sob retornos variáveis a escala (VRS). As eficiências observadas nas diversas unidades, em um período de aproximadamente quatro anos permite identificar tendências nos escores de eficiência. Além da eficiência técnica, podem-se verificar unidades que servem de referência, analisar os pesos atribuídos pelas unidades às variáveis e aspectos sobre escala. Ainda é possível comparar os escores de eficiência entre os modelos.

Duas formas de orientação para os modelos DEA são possíveis, ou a redução de insumos ou o aumento de produtos. A escolha é dependente da situação em análise. Em alguns casos os insumos são mais difíceis de controlar. Nestes casos o mais adequado é a orientação para produto. Em outros casos, o produto pode não ser controlável, onde o mais adequado será a orientação para insumos (AZAMBUJA, 2002). As concessionárias têm como principal objetivo aumentar seus lucros (produtos), porém devem atender as metas (padrões de qualidade) definidas pelo Projeto de Exploração das Rodovias (PER). Com isso, para obter um bom resultado, devem almejar atingir as metas com o menor custo possível, indicando a utilização de orientação para insumos. Ainda, como o setor de rodovias não pode ser comparado ao de uma fábrica, onde a produção pode ser diretamente aumentada, o modelo orientado para insumos é mais adequado, pois visa minimizar custos (gastos com restauração, conservação, mão-de-obra, etc.).

O *software* IDEAS incorpora modelos de retornos constantes (CRS) ou variáveis (VRS) à escala, utilizando os sistemas de avaliação *Standard* ou Invariante, incluindo ou não a constante Não-Arquimediana ε^7 .

Neste trabalho, adotou-se o sistema de Avaliação *Standard* por ser o mais simples para análise dos pesos calculados pelo *software*, e o modelo de retornos variáveis a escala,

⁷ Esta constante corresponde ao infinitesimal e substitui o valor nulo, permitindo atribuir importância pouco relevante a insumos e produtos, que embora possuam importância real equivalente são considerados de valor quase nulo.

devido às características deste tipo de setor, onde as relações de produção não respondem de forma constante como em uma produção industrial.

Segundo Azambuja (2002), em situações práticas, pode ser desejável indicar unidades de referências a serem seguidas pelas unidades relativamente ineficientes, de forma a guiá-las no sentido de desempenho melhorado. Tais alvos constituem *benchmarks* concretos, através dos quais as unidades podem monitorar seu desempenho. O *software* IDEAS fornece vários resultados. Além dos escores de eficiência, fornece os pesos atribuídos às variáveis para cada concessionária. Também permite identificar as unidades eficientes e, sendo estas, as que servem de referência para as unidades ineficientes, juntamente com o percentual de contribuição de cada referência para a projeção das unidades ineficientes sobre a fronteira. Também, é possível obter informações sobre a situação de produção da unidade, se está em zona de retornos crescentes ou decrescentes à escala, através do valor de ω_0^* , fornecido pelo *software*.

4.4.3 Restringindo os Pesos das Variáveis

O *software* IDEAS atribui, para cada unidade analisada, pesos aos insumos e produtos. Estes pesos representam o grau de importância de cada insumo ou produto, para cada unidade em análise. Aos pesos, são atribuídos valores que colocam as unidades em seu melhor desempenho relativo, ou seja, potencializam a unidade para atingir a fronteira de eficiência. Isso faz com que, às vezes, estes pesos assumam valores desproporcionais, não se aplicando numa situação real. Desta forma, foram testadas algumas restrições aos pesos, com o intuito de verificar se as unidades se mantêm eficientes após essa imposição, tornando os valores dos pesos mais razoáveis, sob a perspectiva das unidades avaliadas. Assim, as unidades que se mantiverem eficientes sob a restrição são, de fato, eficientes.

Foi utilizada a técnica conhecida como “*Cone Ratio*” (Cooper et al., 2000 apud Novaes, 2001), onde são analisadas as relações dos quocientes entre pesos para os diversos insumos. Assim, tenta-se limitar os extremos destes quocientes de forma que se eliminem valores discrepantes da realidade. Os limites apresentam a seguinte forma:

$$\text{Limite inferior} \leq \frac{\text{Pesos do Insumo X}}{\text{Pesos do Insumo Y}} \leq \text{Limite Superior} \quad (13)$$

Os valores dos quocientes não apresentaram uma distribuição normal⁸ e por isso não foi possível à definição de intervalos que assumissem a forma da distribuição normal, de acordo com a expressão 17.

$$\mu - x.\sigma \leq \frac{\text{Pesos do Insumo X}}{\text{Pesos do Insumo Y}} \leq \mu + x.\sigma \quad (14)$$

Onde:

μ é a média, σ é o desvio padrão, x é o número de desvios padrões para compor o intervalo, e Insumos X e Y definem diferentes insumos.

Como não se verificou uma distribuição do tipo normal nos quocientes entre pesos de insumos diferentes, procurou-se utilizar um método alternativo, que pudesse fornecer como resultado limites obtidos de maneira semelhante à distribuição normal. Por isso, foram utilizados, para a montagem dos limites superior e inferior, os percentis⁹. Uma análise de sensibilidade foi realizada, onde se testou limites crescentes, primeiramente eliminando relações superiores ao percentil 90 e inferiores ao percentil 10, após, valores acima do percentil 85 e abaixo do percentil 15 e, por fim, utilizando os limites entre os percentis 80 e 20. Os limites de descarte foram denominados de restrição leve, média e forte respectivamente. A Tabela 9 apresenta a definição dos limites.

As restrições foram aplicadas aos quatro modelos estudados. A utilização destes cortes dos extremos apresentou alterações significativas, onde se verificou a diminuição do escore de eficiência em algumas unidades, quando comparando o modelo sem restrições e com restrições crescentes. Isto demonstra que algumas unidades são fracamente eficientes, pois só atingiram a fronteira devido à liberdade na escolha de pesos.

⁸ A maioria das distribuições estatísticas de teste é da forma normal ou alguma forma que pode ser derivada desta. Segundo Reis (2006), ela pode ser considerada como uma das leis gerais da natureza. A forma da distribuição normal é definida por uma função que tem apenas dois parâmetros: média e desvio padrão.

⁹ Percentil – Segundo Lopes (2006), é uma medida da posição relativa de uma unidade observacional em relação a todas as outras. O p-ésimo percentil tem no mínimo p% dos valores abaixo daquele ponto e no mínimo (100 - p)% dos valores acima. Um percentil é relacionado somente com a posição relativa de uma observação quando comparada com os outros valores.

Tabela 9 Limites Inferiores e Superiores dos Quocientes entre pesos de diferentes insumos

Restrição	Limites dos Quocientes entre pesos de insumos
Leve	$\text{percentil } 10 \leq \frac{\text{Pesos do Insumo X}}{\text{Pesos do Insumo Y}} \leq \text{percentil } 90$
Média	$\text{percentil } 15 \leq \frac{\text{Pesos do Insumo X}}{\text{Pesos do Insumo Y}} \leq \text{percentil } 85$
Forte	$\text{percentil } 20 \leq \frac{\text{Pesos do Insumo X}}{\text{Pesos do Insumo Y}} \leq \text{percentil } 80$

Estas restrições de pesos podem aproximar as distribuições da distribuição normal, garantindo a eliminação dos valores extremos nos pesos.

A seguir são apresentados os passos para realização das restrições:

- a) 1° - Executar o modelo sem restrição de pesos e analisar as relações entre pesos de diferentes insumos ou produtos;
- b) 2° - Determinar o limite de variação admissível para essas relações;
- c) 3° - Executar o modelo novamente, com as restrições;
- d) 4° - Aumentar gradualmente as restrições de pesos e repetir o passo 3.

O problema de programação matemática utilizado pelo *software* IDEAS é apresentado na Tabela 4 e um fluxograma, com os passos utilizados para introdução dos dados no *software* IDEAS é apresentado no APÊNDICE C.

4.4.4 Comparação da Eficiência entre os modelos

Com os modelos e variáveis definidos, pode-se aplicar o mesmo à base de dados para verificar tendências ao longo do tempo nos escores das diversas concessionárias. Os modelos de eficiência das unidades que aparecem eficientes, a comparação entre os escores de eficiência, bem como os pesos atribuídos a cada variável e comparações de retornos de escala são apresentados no capítulo 5.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A escolha das variáveis de insumos utilizadas nos modelos foi baseada na revisão bibliográfica e naquelas julgadas fundamentais na realização dos serviços de uma concessionária, para o cumprimento dos contratos de concessão.

A escolha das variáveis também apoiou-se em recomendações obtidas na literatura, buscando reduzir o ônus de um processo de validação, conforme a recomendação de Prado et al. (2005). Esta idéia também é suportada por limitação da técnica de análise, onde existe uma relação mínima recomendada, entre o número de variáveis disponíveis, o número de dados e o número de unidades analisadas.

As unidades indicadas como referência são as que apresentam as melhores práticas e, deveriam ser tomadas como meta. Para as unidades ineficientes, sugere-se analisar a estrutura administrativa, a forma de seleção e contratação de mão-de-obra e as tecnologias empregadas ou outros aspectos que possam agregar melhorias. Recomenda-se a avaliação das características geográficas e disponibilidade de recursos de cada pólo, uma vez que estas diferenças podem trazer impacto sobre os custos (NANCI et al., 2005).

Em situações com um número reduzido de observações e muitas variáveis, justifica-se também o uso da restrição de pesos para reduzir o número de unidades eficientes.

5 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DAS CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS NO RIO GRANDE DO SUL

Este capítulo apresenta os modelos de eficiência definidos a partir dos insumos e produtos apresentados no Capítulo 4, analisando a gestão das empresas concessionárias dos serviços rodoviários no período de 2001 a 2004. Esses modelos possibilitam a identificação das empresas eficientes, consideradas referências para empresas ineficientes, fontes de ineficiências (folgas em insumos e produto). A análise realizada neste trabalho envolve a comparação entre os modelos.

5.1 ASPECTOS GERAIS DAS CONCESSÕES NO RS

Na Figura 12 é apresentado o mapa das concessões rodoviárias a serem analisadas neste estudo. Na Tabela 10 são apresentadas algumas informações de cada pólo.

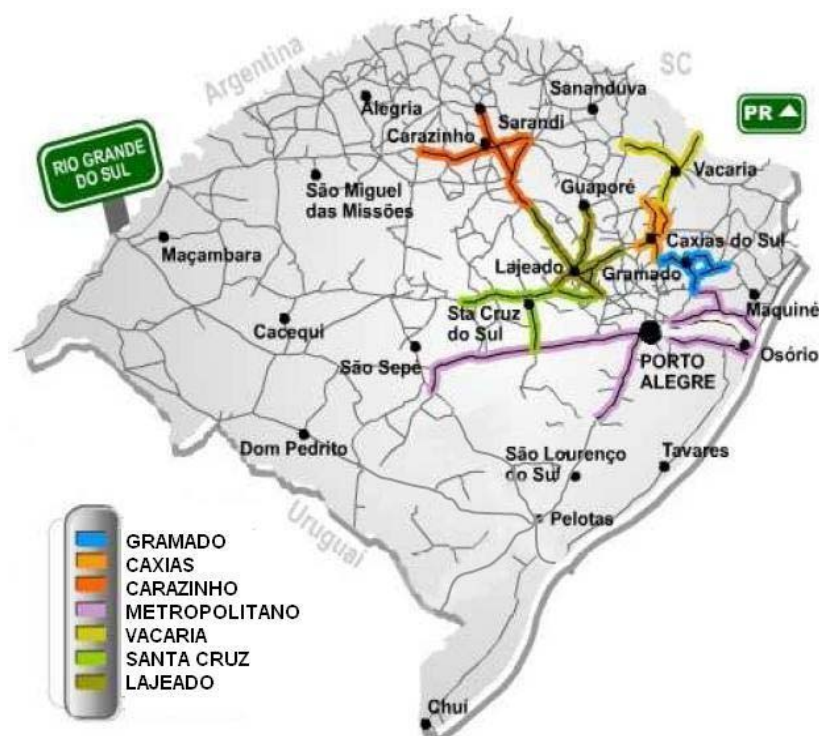


Figura 12 Mapa dos Pólos Rodoviários (Fonte: Adaptado de DAER, 2006)

Tabela 10 Pólos Rodoviários Concedidos

Nome do Pólo	Abreviatura	Praças de Pedágio em Operação	Nº de trechos concedidos	VDM (no 7º ano)	Extensão (km)
Santa Cruz	SANTA	3	4	12.718	207,87
Vacaria	VACARIA	3	3	3.259	141,84
Metropolitano	METRO	4	8	20.313	535,77
Lajeado	LAJEADO	5	6	3.474	328,78
Gramado	GRAMADO	3	7	3.259	144,77
Carazinho	CARAZINHO	4	5	12.269	250,40
Caxias do Sul	CAXIAS	4	4	17.545	191,07

Fonte: AGERGS (2005) e DAER (2006).

5.2 VARIÁVEIS DISPONÍVEIS

Para a construção dos modelos de eficiência, foram utilizadas as informações referentes ao período de 2001 a 2004. No tratamento dos dados, foi realizada a exclusão de algumas variáveis conforme citado no capítulo anterior. As variáveis consideradas nos modelos, que concorreram para incorporar o índice de eficiência, são caracterizadas a seguir:

5.2.1 Variável física

Extensão de rodovias (km): na extensão das rodovias, os trechos de pista dupla foram considerados como trechos adicionais na extensão.

5.2.2 Variáveis qualitativas

Índice de Imagem (%): índice que representa a percepção da qualidade e grau de satisfação dos usuários de rodovias em relação à qualidade física e serviços prestados pelas concessionárias. A descrição das componentes avaliadas por este índice está na seção 2.5.3.

Índice de Acidentes (%): Índice de severidade dos acidentes, que representa o percentual de acidentes com mortes (vítimas fatais) do total de acidentes ocorridos. Demonstra a qualidade no aspecto segurança viária.

5.2.3 Variáveis de fluxo de veículos

Volume Diário Médio anual – VDM (nº de veículos): Corresponde ao número de veículos passantes na praça de pedágio quando em plena operação, excluindo-se destes os veículos que gozam de qualquer tipo de benefício tarifário como passagem múltipla, descontos especiais e outros eventuais. Para as rotas de fuga são consideradas as contagens volumétricas classificadas, efetuadas durante o período diurno. São realizadas projeções de tráfego, a partir dos dados existentes na praça de pedágio, visando calcular o volume diário nas 24 horas e os tráfegos da semana, do mês e, finalmente, o anual. O procedimento detalhado de cálculo é descrito nos relatórios da AGERGS (2005).

5.2.4 Variáveis referentes aos investimentos

Investimentos em Restauração e Manutenção (R\$): é o conjunto de todas as intervenções físicas, com caráter periódico, de forma a recompor ou mesmo aprimorar as condições de operação dessas rodovias. Possui serviços previstos em: pavimento (pista e acostamento); drenagem e obras-de-arte correntes; demais estruturas.

Investimentos em Equipamentos / Sistemas / Veículos (R\$): envolvem todos os tipos de equipamentos para operação; sistemas de administração, gerenciamento, arrecadação e informática; veículos para uso da concessionária.

5.2.5 Variáveis referentes a despesas operacionais

Administração e Operação – Mão-de-Obra (R\$): (Administrativo / Operação-Praça / Atendimento ao Usuário) incluem todos os custos com mão-de-obra da parte de administração (gerencial), com operação (arrecadação) e atendimento ao usuário (tele-atendimento, ambulância, guincho, inspeção de tráfego). Constitui um insumo importante para a definição do custo operacional.

Administração e Operação - Outros Custos (R\$): composto por grande número de itens que não se classificaram como mão-de-obra, conservação e seguros. Pode envolver: equipamentos de proteção individual; gastos com alimentação e transporte; materiais de

apoio; manutenção do sistema; manutenção de veículos e combustíveis; manutenção de equipamentos de informática; energia, água e comunicação; locações em geral; consultoria jurídica; comunicação institucional; segurança patrimonial; projetos e gerenciamento; entidades de classe e diversos.

Custo de Conservação (R\$): compreende o conjunto de operações rotineiras e de emergência realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações da concessionária dentro dos padrões de qualidade dos serviços estabelecidos. A estrutura dos serviços de conservação está direcionada para os aspectos físicos do sistema rodoviário, ou seja, aqueles relacionados às condições da pista, em termos de pavimentação, drenagem, dispositivos de segurança, sinalização horizontal, vertical e aérea, obras-de-arte especiais e outros, além da faixa de domínio, construções e áreas operacionais, bem como veículos e equipamentos da concessionária. Os serviços de conservação das rodovias e instalações da concessionária abrangem: conservação rodoviária de rotina, conservação predial e de equipamentos e conservação de emergência de equipamentos.

Seguros (R\$): envolvem os custos com seguros de patrimônio, contra acidentes e de cumprimento de contrato.

5.2.6 Variáveis referentes à receita

Receita Efetiva (R\$): é a receita efetivamente ocorrida na praça de pedágio, com registro contabilizado no sistema da praça.

Receita Total Possível (R\$): representa o cenário hipotético onde a receita é calculada considerando todo o fluxo de veículos passante e o das rotas de fuga como pagador do pedágio. Neste caso, são desconsideradas isenções determinadas por lei (passagens múltiplas, paralisação judicial), por contrato (incluindo motos, ambulâncias, veículos da Polícia Civil, Rodoviária e Militar) e por iniciativa da concessionária (veículos oficiais da União, do Estado, dos Municípios, próprios da concessionária, isenções da concessionária a moradores lindeiros das praças). As paralisações judiciais na cobrança atingiram, em algumas praças, o Pólo de Caxias do Sul e Vacaria nos períodos de 09/12/2000 a 08/06/2001 e,

novamente de 01/06/2004 a 15/07/2004. Em Gramado, uma praça no período de 12/03/2001 a 17/03/2001 e, em Caxias do Sul em outra praça, no período de 07/06/2001 a 02/12/2002.

Todos os valores em Reais (R\$) encontram-se convertidos para o ano-base de 1996 de acordo com o relatório da AGERGS (2005).

5.3 BASE DE DADOS – ESCOLHA DAS VARIÁVEIS NA AVALIAÇÃO DEA

Para a escolha das variáveis a serem utilizadas no método DEA, visando à avaliação da eficiência das diversas concessionárias, foi testado, inicialmente o método de Norman e Stoker (1991) descrito na seção 4.4.1. Pelo fato deste método não se mostrar adequado para este caso, e uma vez que a base de dados é reduzida, optou-se por utilizar as variáveis mais representativas, ou seja, as que explicam melhor as decisões gerenciais. Ainda, foram consideradas variáveis ou indicadores já utilizados na literatura pesquisada (apresentados na Tabela 6), permitindo maior confiabilidade e comparabilidade aos resultados com outros estudos.

Para produtos, foram utilizadas as variáveis definidas anteriormente para representar os quatro modelos de análise propostos. Elas incluem: Receita Efetiva, Receita Total Possível, Índice de Imagem e índice de acidentes.

Estache e De Rus (2000) utilizaram indicadores de qualidade como aderência, rugosidade, sinalização, iluminação, tratados neste trabalho pelo Índice de Imagem. Para indicadores de receita, foi utilizada a receita total, considerada um agrupamento das várias variáveis listadas na tabela. Ainda, o autor utilizou indicadores de acidentes e segurança, que podem ser traduzidos pelo índice de acidentes. De modo semelhante, SSATP (1999) utilizou a variável número de mortes e acidentes / veículos.km. World Bank Institute(2006) utilizou a variável mortes no trânsito / veículos.km. Cook et al. (1991) utilizaram a variável fator de prevenção de acidentes (veículos.km / acidentes).

Para insumos foram utilizadas as variáveis: investimentos em restauração e manutenção, pois influenciam diretamente o desempenho da rodovia e representam a maior parte dos custos; despesas de administração e operação – mão-de-obra, pois representam o desempenho do setor administrativo e do serviço de arrecadação do pedágio e, despesas de

conservação, pois representam os custos de sinalização, conservação e limpeza. Todas variáveis utilizadas como insumo e produto foram reduzidas a valor percentual, em relação ao valor máximo observado.

Conforme a literatura, Putterill e Rouse (1993) utilizaram a variável unidade de custo de manutenção por km de extensão de rodovia e Cook et al. (1991) utilizou a variável gastos totais de manutenção, que podem ser traduzidos neste trabalho por investimentos em restauração e manutenção, e que foram utilizadas em valor financeiro por km. Estache e De Rus (2000) utilizaram para custo as variáveis: despesas por atividade da operação, cobrança do pedágio, manutenção da rodovia, operação da rodovia, que podem ser representados pelas despesas de administração e operação com mão-de-obra e despesas de conservação.

Os demais não foram utilizados uma vez que o objetivo principal das concessionárias é o investimento em rodovias, sendo o valor destinado a estas outras variáveis irrelevante diante do montante destinado às escolhidas.

As informações utilizadas dos relatórios são apresentadas no ANEXO A. A Tabela 11 apresenta as abreviaturas utilizadas para cada variável e sua respectiva definição.

Tabela 11 Variáveis analisadas – abreviaturas e definições

Abreviatura	Definições
REC	Receita Efetiva
RECPOS	Receita Total Possível
INDIMG	Índice de Imagem
ACIDENTE	Índice de Acidentes
INVRESTM	Investimento - Restauração e Manutenção
DESPMDO	Despesas Operacionais - Administração e Operação - Mão de Obra
DESPCONS	Despesas Operacionais - Custo Conservação
KM	Extensão de Rodovia
VDM	Volume diário médio

Foram utilizados os mesmos insumos para todos os modelos: INVRESTM (investimentos em restauração e manutenção), DESPMDO (despesas de administração e operação com mão-de-obra) e DESPCONS (despesas com conservação). A equação (15) apresenta um exemplo de índice de eficiência para o modelo 1.

$$\text{EFICIÊNCIA}_1 = \frac{a_1 \cdot \text{REC}}{a_2 \cdot \text{INVRESTM} + a_3 \cdot \text{DESPMDO} + a_4 \cdot \text{DESPCONS}} \quad (15)$$

Onde:

a_1, a_2, a_3, a_4 representam os pesos que otimizam os resultados alcançados pela unidade utilizada como referência cada vez que se calcula a fronteira eficiente.

Para a avaliação das diversas unidades, os valores dos insumos e produtos foram normalizados, utilizando o valor percentual em relação à máxima quantidade de cada variável. Desta forma, a interpretação dos dados é facilitada, tendo em vista que o resultado passa a ser expresso em termos de expansão ou retração percentuais.

5.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO UTILIZADO

5.4.1 Análise das variáveis utilizadas

O APÊNDICE A apresenta os dados de entrada no *software* e a média ponderada para cada ano, bem como a evolução para os quatro anos avaliados, através de um gráfico de colunas. A seguir apresenta-se uma breve análise de cada variável estudada. Da figura 29 à 44 (APÊNDICE A) pode-se visualizar as observações aqui expostas.

RECEITA (REC): Há crescimento das receitas ao longo do tempo para todas as unidades, como exceção apenas no último ano, para os pólos de Santa Cruz, Vacaria e Gramado. Isto se deve possivelmente ao fator de sazonalidade (descrito mais adiante).

RECEITA POSSÍVEL (RECPOS): verificou-se uma mudança no pólo de Caxias, com aumento na arrecadação no 4º e 5º anos. Nos demais pólos, a evolução da receita seguiu o mesmo padrão do cenário com receita efetiva.

ÍNDICE DE IMAGEM (INDIMG): O índice apresentou um crescimento anual, indicando sob o ponto de vista do usuário, uma melhoria na qualidade dos serviços.

Individualmente, observou-se este crescimento mais expressivo nos pólos de Vacaria, Carazinho e Caxias.

ÍNDICE DE ACIDENTES (ACIDENTE): A tendência geral foi o crescimento do índice de acidentes. Cabe destacar que Vacaria e Gramado apresentaram um valor elevado (média de 60,0% e 47,5%, contra uma média geral de 9,8%). Ocorreu um forte aumento do 6º para o 7º ano nos pólos de Santa Cruz, Metropolitano, Lajeado e Gramado (crescimento de 161%, 219%, 123% e 107% respectivamente), impactando na média geral um crescimento de 89%, possivelmente decorrentes de algum fator ou uma combinação de fatores que agravaram esta situação.

INVESTIMENTOS EM RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO (INVRESTM): Na média manteve-se constante, porém, com aumento expressivo no 6º ano em Lajeado e Caxias. Individualmente, verificam-se as diferenças nas políticas adotadas por cada pólo. Pode-se destacar um investimento inicial maior nos primeiros anos com conseqüente decréscimo nos períodos seguintes, devido a menor necessidade de reparos (pólos de Santa Cruz, Vacaria, Metropolitano e Gramado). Nos pólos de Lajeado e Caxias, foi adotada uma política diferenciada com crescimento de investimentos ao longo de todo o período avaliado.

DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO E OPERAÇÃO - MÃO-DE-OBRA (DESPMDO): Como regra mantiveram-se constantes. Individualmente, pode-se destacar um decréscimo gradual nos pólos Metropolitano e de Lajeado, sugerindo a existência de algum tipo de aprendizado gerencial com implicações sobre a redução de custos. Já em Carazinho, observou-se um crescimento contínuo. Em Santa Cruz, Vacaria e Gramado isto também ocorre, embora com forte redução no 7º ano. Cabe salientar que em Lajeado e Caxias, os gastos são, aproximadamente, o dobro dos demais pólos.

DESPESAS DE CONSERVAÇÃO (DESPCONS): Na maioria dos casos ocorreu um crescimento dos gastos, com uma redução no 7º ano. Individualmente, cabe destacar um forte decréscimo em Vacaria, um forte crescimento em Gramado, mantendo-se constante nos demais pólos.

VOLUME DIÁRIO MÉDIO (VDM): Manteve-se constante ou sofreu leve redução com o passar dos anos, ao contrário do previsto nos estudos iniciais do processo licitatório das

concessões. Ainda, pode-se destacar um VDM maior em Caxias em relação aos demais pólos, que com as paralisações judiciais de arrecadação prejudicou fortemente a receita.

No 7º ano de contrato (que corresponde somente a uma parcela do ano de 2004), a receita pode ter sido influenciada por efeito do fator sazonalidade (épocas do ano com diferente fluxo de veículos), com reflexos de intensidade distinta em cada pólo. Os investimentos também parecem ter sofrido influência deste efeito, uma vez que as obras tendem a ser realizadas quando as empresas possuem dinheiro em caixa e nos períodos do ano em que o clima favorece sua execução.

Ao analisar os relatórios verificou-se que Caxias vivenciou paralisações de arrecadação por ordem judicial, o que prejudicou as receitas. Em consequência foram pequenos os investimentos realizados obras de pavimentação neste período.

5.4.2 Resultados do modelo 1 – Eficiência Empresarial (Financeira)

O objetivo principal das concessionárias é obter lucro e procurar aumentá-lo. Para isso, é necessário verificar o aumento da relação das receitas das empresas frente aos gastos. Assim, um aumento de eficiência neste modelo pode indicar um aumento de lucro, o qual depende da política de gastos adotada pelas empresas.

A Figura 13 apresenta através de gráfico de colunas, os escores de eficiência gerados pelo modelo 1, para cada unidade analisada, agrupados por pólo e em anos sucessivos (ano 4, 5, 6 e 7 respectivamente).

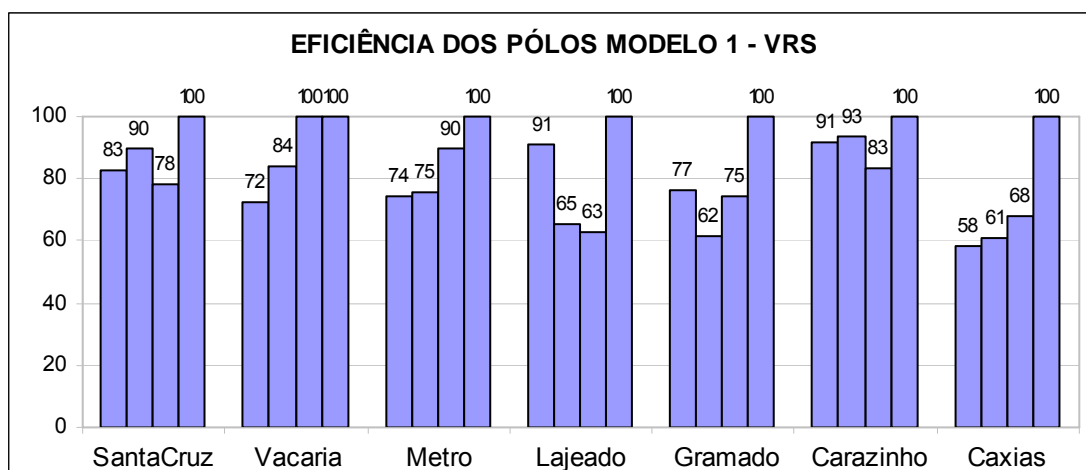


Figura 13 Escores de eficiência do Modelo 1 (Eficiência Empresarial) sem restrição

Cabe lembrar que a técnica DEA permite a cada unidade atribuir livremente aos insumos e produtos os pesos que lhe permitam obter o melhor resultado possível, isto é, aqueles que a colocassem mais próximos (ou sobre) a fronteira eficiente. Às vezes, esta propriedade do modelo DEA leva a que os pesos assumam valores pouco realistas. Para controlar esta dificuldade, neste estudo foram incorporadas algumas restrições de pesos de maneira a tornar os valores atribuídos, pelas unidades aos pesos, que otimizam seus resultados, mais razoáveis em termos do conjunto avaliado.

Neste trabalho, o passo inicial em todos os modelos consiste na avaliação dos primeiros escores, sem a restrição de pesos. A partir dos pesos calculados pelo programa, nesta primeira rodada, foram verificadas as relações entre os escores e entre os pesos dos insumos, e montadas restrições crescentemente rígidas, para avaliações subseqüentes.

Foram calculadas as restrições nas relações entre pesos, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 Restrições de Pesos do Modelo 1 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para cada restrição)

RESTRICÇÃO PERCENTIL	Sem restrição		Leve		Média		Forte		Muito Forte	
	mín	máx	10	90	15	80	20	80	30	70
INVRESTM DESPMDO	1,000	12,371	1,000	12,371	1,000	12,371	1,000	12,371	1,000	2,982
INVRESTM DESPCONS	1,000	12,989	1,000	12,989	1,000	12,989	1,000	12,989	1,000	12,129
DESPMDO DESPCONS	1,000	4,318	1,000	4,318	1,000	4,318	1,000	4,318	1,000	3,991

Neste modelo, as restrições iniciais não foram efetivas, inexistindo alteração dos limites de pesos até a restrição forte. Por isso foi testada uma restrição mais rígida do que as anteriores, até que houvesse alguma alteração nos escores, denominada restrição muito forte. Os resultados dos escores de eficiência gerados pelo modelo com esta restrição muito forte são apresentados na Figura 14. Os resultados de todas as restrições e de todos os modelos são apresentados no APÊNDICE D.

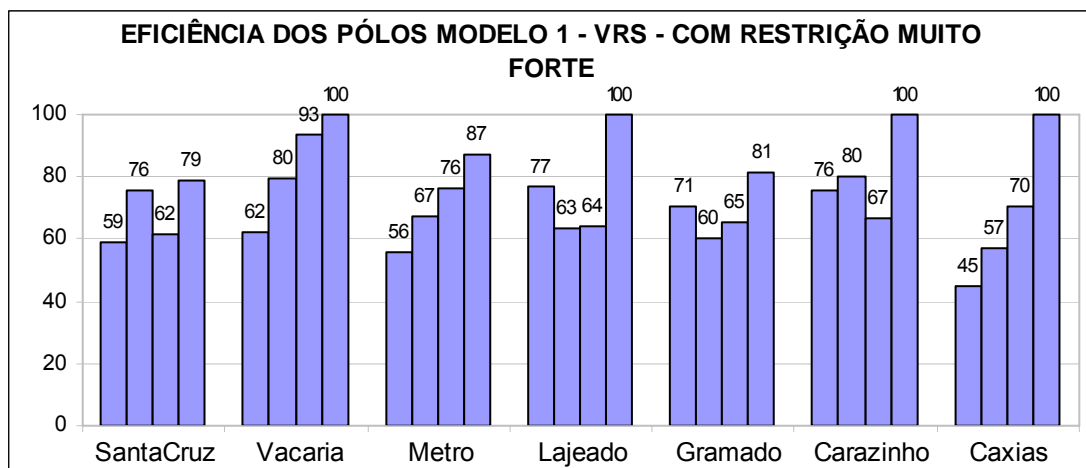


Figura 14 Escores de eficiência do Modelo 1 com restrição Muito Forte

No modelo sem restrições, todas as unidades se mostraram eficientes no último ano de análise, isto talvez se deva ao aprendizado gradativo, resultando no uso proporcionalmente melhor dos recursos, naquele período em relação aos anteriores. Após imposição das restrições, os pólos Santa Cruz, Metropolitano e Gramado não conseguiram alcançar a eficiência e verificou-se que, de forma geral, ocorreu uma evolução da eficiência ao longo dos anos.

Pode-se observar que existem padrões de comportamento diferentes, podendo separá-los em três tipos de evolução. O tipo A, é composto pelos pólos de Santa Cruz e Carazinho, o tipo B é formado por Lajeado e Gramado e os pólos Vacaria, Metropolitano e Caxias integrando o tipo C. Entretanto não se tem elementos para interpretá-los, seria interessante um estudo comparativo mais detalhado do comportamento destes grupos, pois apresentam três tipos de respostas as mesmas regras ao longo do tempo.

A Tabela 13 indica o número de unidades eficientes e a eficiência média para o modelo sem imposição de restrições nas relações de pesos e com imposição das restrições.

Tabela 13 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial

	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte	Restrição Muito Forte
Unidades eficientes	8	8	8	8	4
Eficiência Média	0,834	0,834	0,834	0,834	0,740

Pode-se verificar que, na restrição muito forte, a eficiência média foi de 74%, o que indica uma possibilidade de redução nas despesas da ordem de 26%, representando um resultado importante para as empresas. Isto indica que ações de melhorias e estudos mais detalhados podem gerar ganho potenciais importantes.

O *software* IDEAS também indica as unidades referência, para as unidades ineficientes. Estas referências correspondem às unidades que desenvolvem práticas que, uma vez aplicadas na unidade ineficiente, permitirão avaliar seu desempenho. A Tabela 14 apresenta as referências para as unidades ineficientes do ano 7, juntamente com a parcela de participação de cada referência, na proporção recomendada para as ineficientes. As referências para todos os modelos são apresentadas no APÊNDICE E.

Tabela 14 Unidades referência e parcela de participação

DMU	Referências
SANTA7	CARAZINHO7 (0,25375) e VACARIA7 (0,74625)
METRO7	VACARIA7 (0,73948) e CARAZINHO7 (0,26052)
GRAMADO7	VACARIA7 (1,00000)

Observa-se que Vacaria e Carazinho aparecem como referência para as unidades ineficientes, sendo que Vacaria está presente em todos os casos. Esta informação pode surpreender alguns leitores menos avisados, que conheçam esta praça de pedágio e por ela apresentar instalações simples. Entretanto, esta falta de gastos com aspectos que agregam qualidade visual e não qualidade de serviços, e por estar utilizando a orientação para insumos nesta análise, o menor dispêndio em itens não produtivos ajuda a tornar o pólo eficiente.

O número de vezes que cada unidade eficiente aparece como referência para as ineficientes é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 1

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte	Restrição Muito Forte
SANTA7	5	5	5	5	-
VACARIA6	4	4	4	4	-
VACARIA7	14	14	14	14	14
METRO7	8	8	8	8	-
LAJEADO7	2	2	2	2	2
CARAZINHO7	13	13	13	13	22
CAXIAS7	4	4	4	4	2

Pode-se observar que os pólos de Vacaria e Carazinho destacam-se como unidades com maior número de vezes apontadas como referência para as outras unidades ineficientes. Merece destaque o fato de que embora Carazinho apareça mais vezes que Vacaria. Mas pode-se verificar na Tabela 14, que Carazinho participa com $\approx 25\%$ do “peso” nas projeções, enquanto Vacaria apresenta $\approx 75\%$ da “importância” na configuração das projeções, indicando esta unidade como fortemente eficiente. Já as unidades Lajeado e Caxias são indicadas como referência para outras unidades apenas em dois casos.

Outra análise realizada corresponde à avaliação de retornos à escala. Trata-se da verificação dos impactos de expansão ou retração no uso de insumos, sobre os resultados obtidos pelas unidades, dado as condições de tecnologias (retornos variáveis a escala). A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos para o ano 7, considerado o mais próximo do atual. As situações de retornos à escala para todos os anos são apresentadas no APÊNDICE F.

Tabela 16 Retornos de Escala no Modelo 1

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte	Restrição Muito Forte
SANTA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
VACARIA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
METRO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO7	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
CAXIAS7	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente

No modelo com restrições nos pesos, a análise dos retornos à escala indicou que os pólos de Santa Cruz, Vacaria, Lajeado, Carazinho e Caxias estão trabalhando na faixa de retornos crescentes a escala. Para este caso, onde os retornos são crescentes à escala, em uma indústria seria indicado aumentar a produção ou aumentar seu porte. No entanto, para o caso dos pólos rodoviários seria indicado uma tentativa de aumento de investimentos nos itens considerados (insumos), onde a hipótese é de que as receitas cresceriam mais do que os investimentos.

Entretanto, não se trata de uma planta industrial. Porém, é possível que existam neste caso limitações (por exemplo: nas cabines de arrecadação) retardando o fluxo ou, no desempenho do pavimento, estimulando as rotas de fuga e, conseqüentes perdas de

arrecadação. Nesta situação de retornos crescentes, deve-se prestar atenção aos investimentos, uma vez que sua redução deverá provocar uma retração mais que proporcional das receitas.

Já os pólos Metropolitano e Gramado apresentaram retornos decrescentes. Sob o ponto de vista dos investimentos, seria indicado uma diminuição do porte ou um ajustamento nos gastos. A partir destas informações, sugere-se analisar os pesos atribuídos a cada insumo, identificando os que devem ter prioridade para obtenção de um retorno mais rápido.

Chama a atenção o fato de que Santa Cruz, Vacaria e Carazinho invertem a condição de retornos à escala quando a restrição passa a ser mais efetiva. Isto ocorre devido à mudança na projeção da unidade referência na fronteira, onde passa a utilizar uma unidade de referência em situação de retornos à escala diferente da anterior.

Cabe ressaltar que o modelo DEA possibilita ao analista restringir os pesos e estas mudanças de situação ilustram os riscos envolvidos nessa decisão de trabalhar com pesos arbitrários. Trata-se de uma das características positivas e ao mesmo tempo uma das armadilhas deste processo de análise, onde se incorpora elementos subjetivos a objetividade do modelo¹⁰.

Com isso, deve-se tomar cuidado com as unidades que apresentam sua situação alterada. Neste caso, ao se aplicar uma restrição mais rígida (não deixa obter uma visão muito otimista, pois não há liberação dos pesos) estas unidades operam numa situação de retornos a escala diferente da restrição menos rígida. Assim, o analista descuidado pode fazer recomendações equivocadas se não souber avaliar as restrições e perceber estas mudanças.

Pode-se acrescentar ainda que o pólo de Vacaria, mesmo tendo uma elevada redução de receitas, teria adotado uma política de investimentos iniciais mais forte, o que, conseqüentemente, implicaria em necessidade de gastos menores para manutenção da qualidade de pavimento nos anos seguintes. Há também uma forte diminuição dos gastos com mão-de-obra e conservação que proporcionaram uma elevação de seu escore de eficiência.

Os gráficos de dispersão apresentados no APÊNDICE B, mostram alta correlação (maior que 0,5) entre a receita e os investimentos em restauração e manutenção. No caso das

¹⁰ A subjetividade irá depender do analista, que irá impor os limites de restrição. O modelo é objetivo e apresenta como resposta o que lhe é programado.

despesas de mão-de-obra a correlação é irrelevante. Isto sugere que quanto maior a receita, maior o fluxo de veículos, implicando maiores gastos de manutenção da qualidade do pavimento e maiores despesas com mão-de-obra. Esta avaliação parece se confirmar nos pesos, que atribuem elevada importância à variável INVRESTM. Esta situação é realista, pois os maiores gastos na concessão são com o pavimento. Evidenciando que o método DEA se mostra adequado para esse tipo de análise.

5.4.3 Resultados do modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética)

Este modelo apresenta os escores de eficiência das unidades considerando que não há perdas de receita, conforme estudo da AGERGS. Por se tratar de caso hipotético, apenas alguns resultados são apresentados. Esses se referem ao modelo com retornos variáveis de escala sem restrições nos pesos.

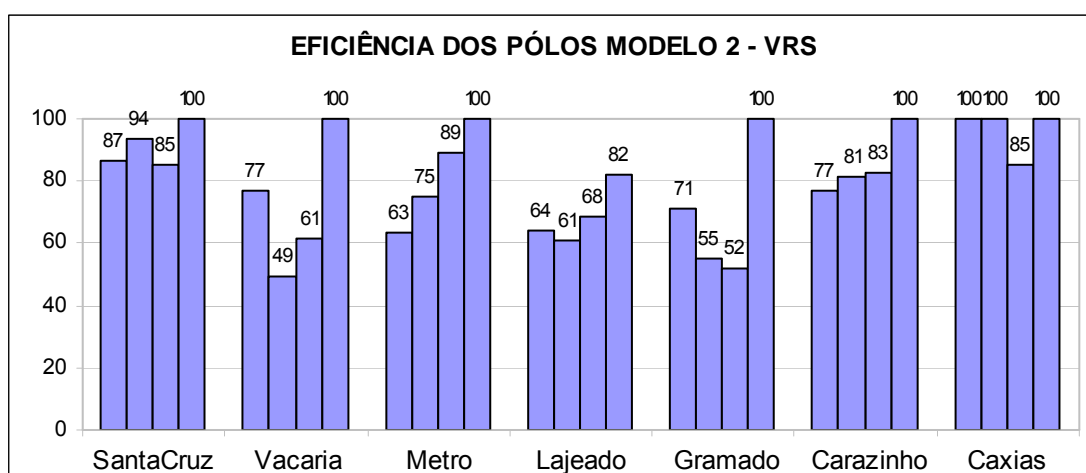


Figura 15 Escores de eficiência do Modelo 2 (Eficiência Empresarial - Hipotética) sem restrição

No modelo sem restrições, conforme a Figura 15, somente o pólo de Lajeado não alcançou a fronteira de eficiência em relação às outras unidades no último ano da análise. Isto indica ociosidade nos fatores, em relação ao produto esperado, que pode ter sido subestimado por ocasião dos contratos.

Considerando restrições fortes nos pesos atribuídos pelas unidades às variáveis, conforme mostrado na Tabela 17, verificam-se os resultados apresentados na Figura 16.

Tabela 17 Restrições de Pesos do Modelo 2 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis)

RESTRICÇÃO PERCENTIL	Sem restrição		Leve		Média		Forte	
	mín	máx	10	90	15	85	20	80
INVRESTM DESPMDO	0,0435	26,418	0,054	1,432	0,054	1,000	0,054	1,000
INVRESTM DESPCONS	0,19056	26,418	0,360	1,000	0,430	1,000	0,430	1,000
DESPMDO DESPCONS	0,14199	22,987	0,284	18,430	0,390	18,430	0,430	18,430

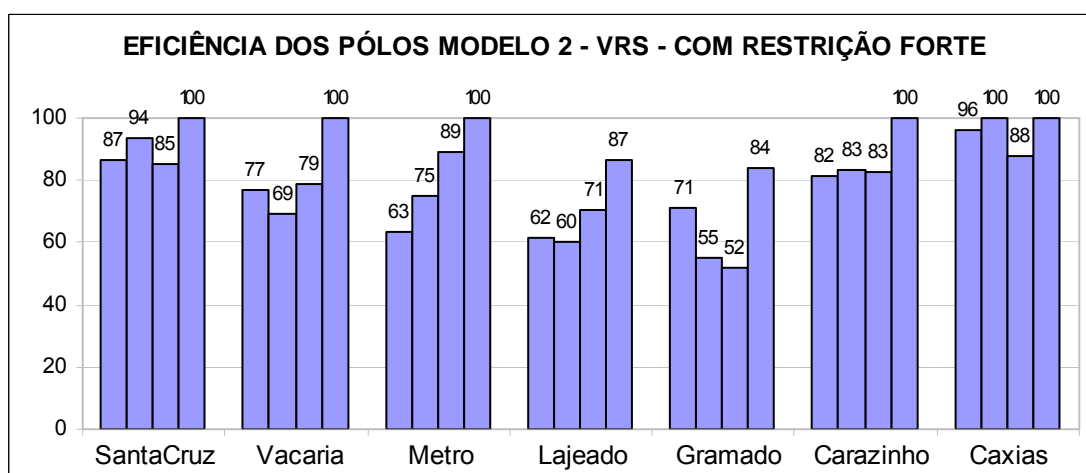


Figura 16 Escores de eficiência do Modelo 2 (Eficiência Empresarial - Hipotética) com restrição forte

Neste modelo, após imposição de restrições nos pesos, Lajeado e Gramado não atingiram a fronteira de eficiência no último ano da análise. Os pólos Metropolitano e de Santa Cruz conseguiram permanecer eficientes, o que não se verifica nos resultados alcançados no modelo 1 com restrições nos pesos. Em relação ao modelo anterior, verifica-se que ocorreu um aumento significativo dos escores de eficiência do pólo Caxias, que teria apresentado um ganho significativo de receita na variável RECPOS. Lembrando que se trata de expectativa de receitas, sendo importante examinar comparativamente com a receita efetiva. A Figura 17 apresenta um comparativo entre o escore obtido no modelo 1 e 2, após as restrições de peso, para o 7º ano.

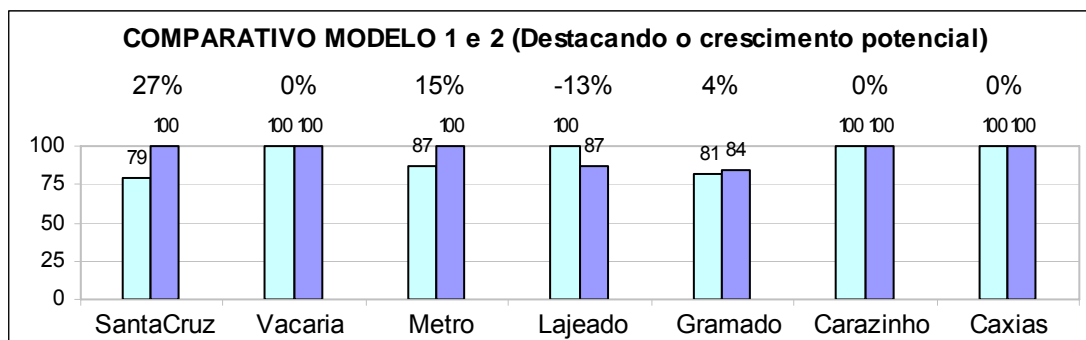


Figura 17 Comparativo dos escores de eficiência do Modelo 1 e 2 – destacando o crescimento potencial do escores para o 7º ano

A Tabela 18 apresenta um resumo do número de unidades eficientes e a eficiência média no modelo 2. Conforme esta tabela, a eficiência média para restrição forte foi de 81,9%, indicando que em relação à situação real (modelo 1), se esperaria maior eficiência média, sendo Caxias o principal responsável por este resultado.

Tabela 18 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (hipotética)

	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
Unidades eficientes	8	6	6	6
Eficiência Média	0,808	0,823	0,819	0,819

A Tabela 19 apresenta as referências para as unidades ineficientes do ano 7, que é o mais recente, juntamente com a parcela de participação de cada referência.

Tabela 19 Unidades referência e parcela de participação

DMU	Referências
LAJEADO7	CAXIAS7 (0,45125) e CARAZINHO7 (0,54875)
GRAMADO7	VACARIA7 (1,00000)

O número de vezes que cada unidade eficiente aparece como referência para as ineficientes é apresentado na Tabela 20. Neste modelo, os pólos de Vacaria e Carazinho continuaram sendo as principais referências. Já Caxias continuou sendo indicada poucas vezes, mesmo com a melhoria de seus escores de eficiência. Mesmo assim, ela se apresenta importante para Lajeado, por compor uma boa parcela na formação da projeção.

Tabela 20 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 2

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	6	5	5	5
VACARIA7	12	14	14	14
METRO7	7	5	2	2
CARAZINHO7	15	16	16	16
CAXIAS4	2	-	-	-
CAXIAS5	2	3	3	3
CAXIAS7	4	3	3	3

Em relação aos retornos de escala (ver APÊNDICE F), na Tabela 21 destacam-se alguns resultados. Se esta expectativa tivesse ocorrido, as unidades de Vacaria e Carazinho teriam alterado sua situação de retornos crescentes (modelo 1) para decrescentes (modelo 2). Isto implica que em termos reais há um sobredimensionamento de custos, em relação às receitas, o que contraria a expectativa otimista no momento em que os contratos foram estabelecidos.

Tabela 21 Retornos de Escala no Modelo 2

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA7	decrescente	decrescente	decrescente	decrescente
METRO7	decrescente	decrescente	decrescente	decrescente
LAJEADO7	crescente	crescente	crescente	crescente
GRAMADO7	decrescente	decrescente	decrescente	decrescente
CARAZINHO7	decrescente	decrescente	decrescente	decrescente
CAXIAS7	crescente	crescente	crescente	crescente

5.4.4 Resultados do modelo 3 – Eficiência de Imagem

Este modelo examina a eficiência considerando como produto o Índice de Imagem. Trata-se da avaliação coerente com a percepção do usuário frente aos gastos (ou gerência) das concessionárias. A Figura 18 apresentada o comparativo dos escores de eficiência obtidos no modelo 3, sem restrições de peso.

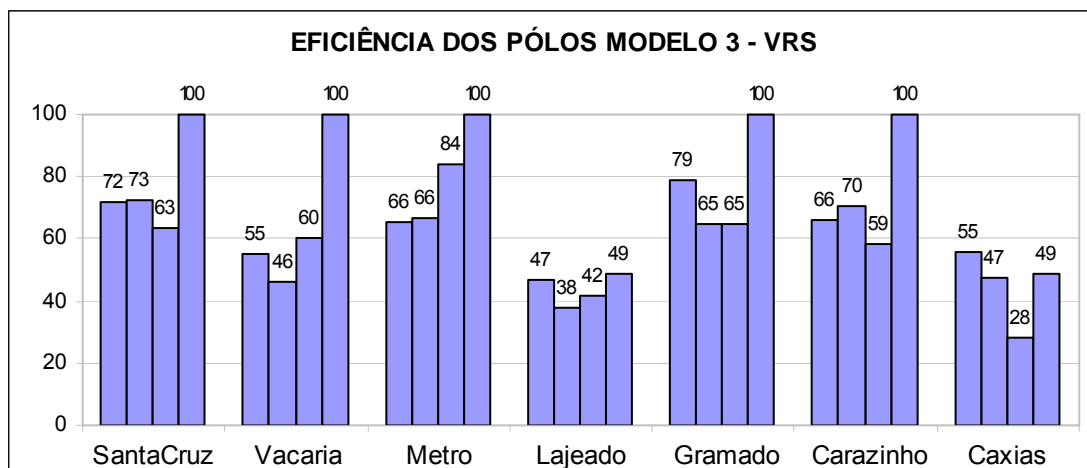


Figura 18 Escores de eficiência do Modelo 3 (Eficiência Imagem) sem restrição

A Tabela 22 apresenta as restrições nas relações entre pesos para o modelo 3.

Tabela 22 Restrições de Pesos do Modelo 3 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis)

RESTRIÇÃO PERCENTIL	Sem restrição		Leve		Média		Forte	
	mín	máx	10	90	15	85	20	80
$\frac{INVRESTM}{DESPMDO}$	0,052	23,198	0,052	19,256	0,069	1,000	0,637	1,000
$\frac{INVRESTM}{DESPCONS}$	0,400	23,198	0,400	19,256	0,400	1,000	0,400	1,000
$\frac{DESPMDO}{DESPCONS}$	0,400	19,387	0,400	19,387	0,400	18,544	0,400	1,916

Na Figura 19 são apresentados os resultados do modelo 3 com restrição forte.

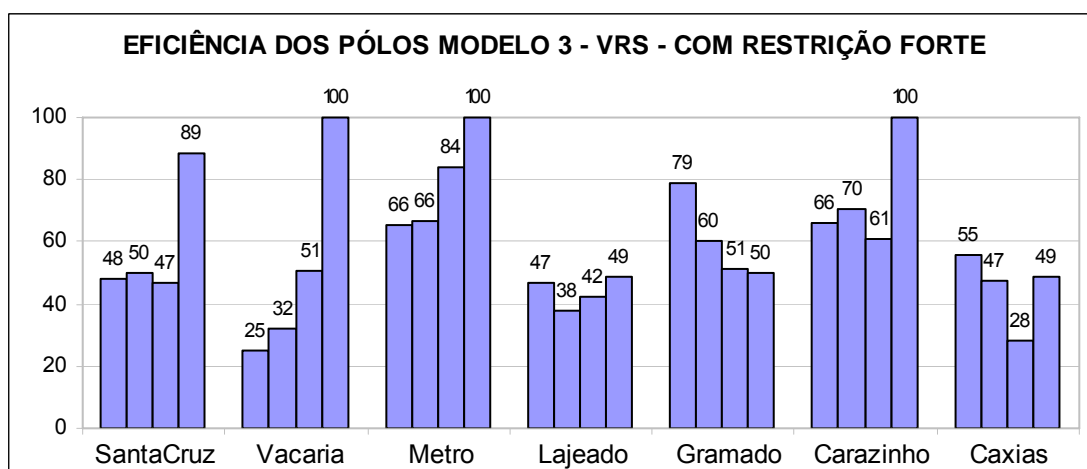


Figura 19 Escores de eficiência do Modelo 3 (Eficiência Imagem) com restrição forte

Neste modelo, após a imposição das restrições, permaneceram eficientes os pólos de Vacaria, Metropolitano e Carazinho. Porém, Santa Cruz e Gramado não conseguiram atingir a

fronteira de eficiência. No entanto, o escore de Santa Cruz ainda se manteve alto e, Caxias apresentou uma tendência de queda, que pode ter adotado alguma providência no 6º ano que repercutiu no 7º ano. Ainda, verificou-se uma melhoria considerável de escore no 7º ano nos pólos de Santa Cruz, Vacaria, Metropolitano e Carazinho, indicando um aprendizado. Gramado apresenta um comportamento extremamente contraditório em relação aos demais e ao efeito aprendizado. Recomenda-se um estudo mais detalhado para compreender o aparente crescimento da ineficiência dos serviços prestados na visão do usuário.

A variável INDIMG (APÊNDICE A) tende a evoluir com o passar dos anos apresentando valores altos independente dos gastos, com as quais não apresenta correlação significativa. Isso poderia indicar que o INDIMG não discrimina as unidades que investem muito ou pouco, contrariando a hipótese de que os usuários interpretariam positivamente aquelas empresas que realizassem maiores investimentos, em relação às demais. Também se verificou que os escores mais baixos obtidos em Lajeado e Caxias são decorrentes dos elevados gastos com INVRESTM e DESPMDO.

Em relação aos pesos, conforme o APÊNDICE G, verificou-se um ganho de importância no insumo DESPMDO. Em função do produto INDIMG envolver o atendimento, maiores investimentos em mão-de-obra deveriam proporcionar retornos proporcionais.

A Tabela 23 resume os resultados obtidos no modelo 3.

Tabela 23 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 3 – Eficiência Imagem

	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
Unidades eficientes	5	4	4	3
Eficiência Média	0,658	0,660	0,645	0,589

Pode-se verificar, conforme a Tabela 21, que após as restrições, a eficiência média foi de 58,9%, o que indicou uma grande necessidade de melhorias no Índice de Imagem ou, um uso mais eficiente dos insumos. Na análise particular de cada pólo, verificou-se uma melhoria considerável no 7º ano em alguns pólos. Para os pólos de Lajeado, Gramado e Caxias, que obtiveram escores em torno de 50%, poderia-se analisar os serviços prestados, visto que há grande possibilidade de melhoria. Isto revela a escassa conexão entre os ganhos sob a perspectiva dos gestores das concessões e o interesse público.

A Tabela 24 apresenta as referências para as unidades ineficientes do ano 7, juntamente com a parcela de participação de cada referência.

Tabela 24 Unidades referência e parcela de participação

DMU	Referências
SANTA7	VACARIA7 (0,37782) e CARAZINHO7 (0,62218)
LAJEADO7	METRO7 (0,64542), CARAZINHO7 (0,03947) e VACARIA7 (0,31511)
GRAMADO7	VACARIA7 (1,00000)
CAXIAS7	METRO7 (0,97678) e CARAZINHO7 (0,02322)

O número de vezes que cada unidade eficiente apareceu como referência para as ineficientes, no modelo 3, é apresentado na Tabela 25. Pode-se observar que Vacaria e Carazinho se mantêm como as principais referências para o conjunto. Porém, estes dois pólos juntamente com Metropolitano, tem suas participações bem distribuídas, como pode-se ver na Tabela 24.

Tabela 25 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 3

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	8	6	7	-
VACARIA7	20	24	23	24
METRO7	15	3	3	3
CARAZINHO7	5	7	6	11

Em relação aos retornos de escala, retirando do APÊNDICE F, alguns resultados para o ano 7 foram destacados, conforme a Tabela 26.

Tabela 26 Retornos de Escala no Modelo 3

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA7	crescente	decrésciente	decrésciente	crescente
METRO7	crescente	crescente	crescente	crescente
LAJEADO7	decrésciente	crescente	crescente	crescente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
CARAZINHO7	crescente	crescente	crescente	crescente
CAXIAS7	crescente	crescente	crescente	crescente

Verificou-se que todos os pólos apresentam-se em situação de retornos crescentes de escala, o que é coerente com a situação esperada e a situação real, uma vez que reflete a visão

do usuário. Assim, pode-se inferir que os usuários poderão atribuir um melhor conceito para as empresas que realizarem maiores investimentos.

5.4.5 Resultados do modelo 4 – Eficiência de Segurança

Este modelo representa a eficiência do Índice de Acidentes em relação aos gastos das concessionárias, verificando o impacto dos investimentos sobre os acidentes. É importante ressaltar que os dados utilizados correspondem ao inverso do número de acidentes. Assim, quanto maior o escore de eficiência, menor é o percentual de acidentes e mais seguro é o pólo neste período de tempo analisado e em relação aos demais pólos. Na Figura 20 são apresentados os resultados dos escores de eficiência obtidos no modelo 4, sem restrições de peso.

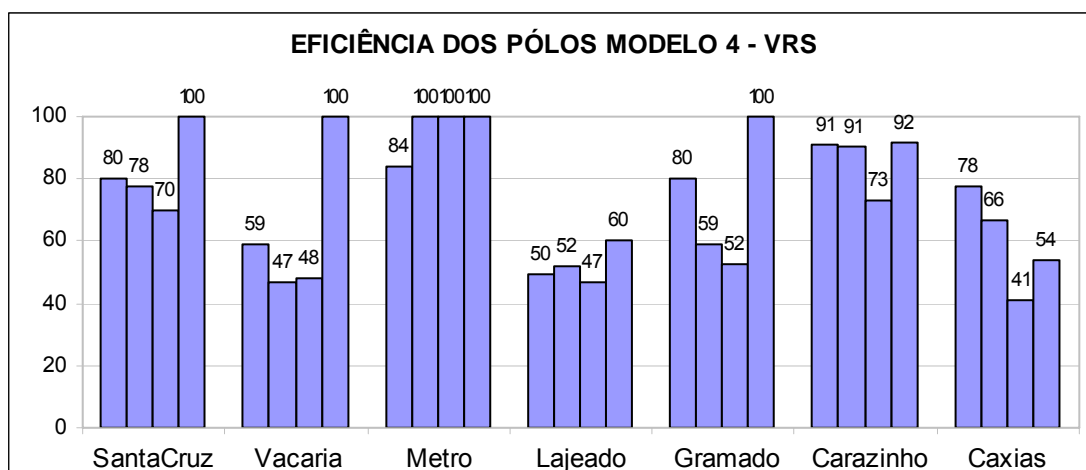


Figura 20 Escores de eficiência do Modelo 4 (Eficiência de Segurança) sem restrição

As restrições nas relações de pesos são apresentadas na Tabela 27.

Tabela 27 Restrições de Pesos do Modelo 4 – VRS (Limite superior e inferior das relações de peso entre insumos para as restrições através de percentis)

RESTRICÇÃO PERCENTIL	Sem restrição		Leve		Média		Forte	
	Mín	máx	10	90	15	85	20	80
$\frac{INVRESTM}{DESPMDO}$	0,045	25,614	0,045	10,639	0,052	10,189	0,052	1,386
$\frac{INVRESTM}{DESPCONS}$	0,033	25,614	0,033	1,000	0,083	1,000	0,083	1,000
$\frac{DESPMDO}{DESPCONS}$	0,033	22,435	0,033	22,435	0,074	19,114	0,074	19,114

A Figura 21 apresenta os resultados do modelo 4 com restrição forte.

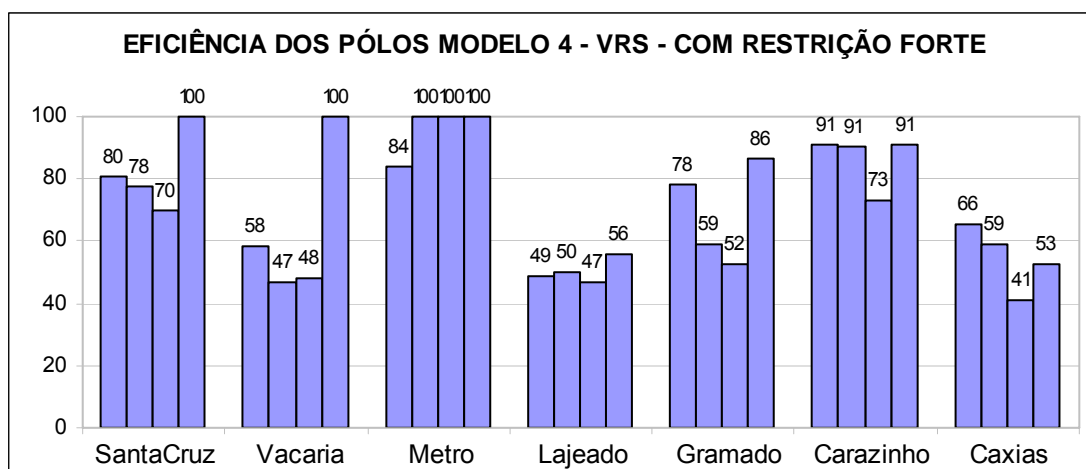


Figura 21 Escores de eficiência do Modelo 4 (Eficiência de Segurança) com restrição forte

No modelo sem restrições, as unidades de Lajeado, Carazinho e Caxias não alcançam a eficiência. Após a imposição das restrições, o pólo de Gramado deixou de ser eficiente e os demais pólos permanecem eficientes. Cabe ressaltar que Caxias encontra-se em um ritmo decrescente, indicando um agravamento da situação. Contudo, o pólo Metropolitano atingiu a eficiência em três anos consecutivos, isso pode ser explicado pelo fato de o pólo Metropolitano possuir o maior número de acidentes absoluto, mas em relação ao fluxo essa proporção diminui.

Analisando a variável Índice de Acidentes, verificou-se que Caxias apresentou um dos índices mais baixos, porém seus gastos desproporcionalmente elevados com INVREST e DESPMDO determinaram à condição de ineficiência.

A Tabela 28 sumariza os resultados obtidos para o modelo 4, sem restrições e com restrições nos pesos, destacando as eficiências médias.

Tabela 28 Resumo de Unidades eficientes e eficiência Média para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança

	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
Unidades eficientes	6	5	5	5
Eficiência Média	0,732	0,733	0,724	0,716

Pode-se verificar, conforme a Tabela 24, que a eficiência média na restrição forte é de 71,6%, o que indica possibilidade de melhorias da ordem de 28,4%. Estes podem ser

obtidos por redução nos custos ou aumento no produto, cabendo investigar as causas dos acidentes, para estabelecer ações que permitam reduzi-los.

A Tabela 29 apresenta as referências para as unidades ineficientes do ano 7, juntamente com suas participações relativas.

Tabela 29 Unidades referência e parcela de participação

DMU	Referências
LAJEADO7	METRO7 (1,00000)
GRAMADO7	VACARIA7 (1,00000)
CARAZINHO7	VACARIA7 (0,05850) e METRO7 (0,94150)
CAXIAS7	METRO7 (0,80351) e METRO6 (0,19649)

A identificação de Vacaria e Metropolitano como referências exclusivas para Lajeado e Gramado, respectivamente, indicando aos gestores destes pólos visitar aqueles indicados como referência, para identificar práticas que contribuam para a evolução de suas unidades. Também merece destaque a importância de Metropolitano sob o ponto de vista dos acidentes, como referência a seus pares.

O número de vezes que cada unidade eficiente aparece como referência para as ineficientes é apresentado na Tabela 30. Nesta análise destacaram-se as unidades de Vacaria e Metropolitano como principais referências. A unidade de Santa Cruz apresenta menor importância, não participando como referência para as unidades ineficientes do 7º ano.

Tabela 30 Número de vezes que uma unidade é referência para as demais no Modelo 4

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	7	5	5	5
VACARIA7	18	20	20	19
METRO6	10	9	10	10
METRO7	15	15	14	14

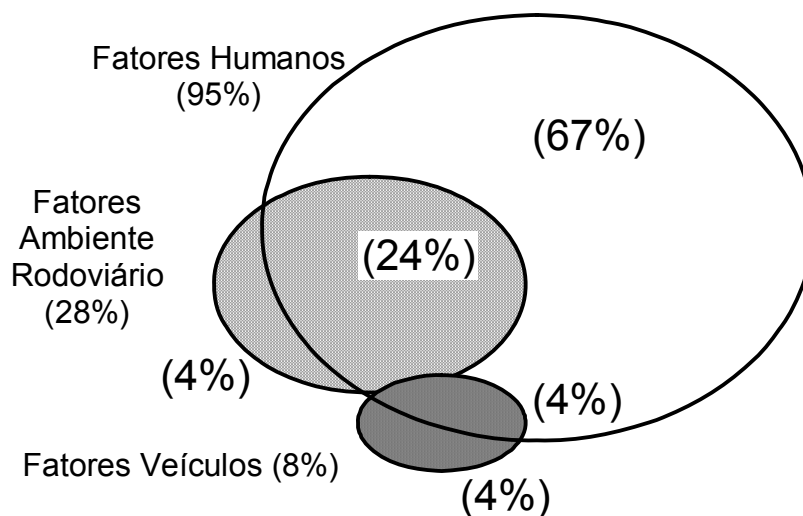
A condição de retornos à escala, (ver APÊNDICE F), e alguns resultados para o ano 7 são apresentados na Tabela 31.

Em relação à escala, a análise indicou que todos os pólos estão em situação de retornos proporcionais decrescentes. Este resultado indica que os esforços para a redução de acidentes podem ser maiores, pois tendem a obter resultados mais do que proporcionais aos custos. Ou seja, provocar retornos superiores no inverso do Índice de Acidentes.

Tabela 31 Retornos de Escala no Modelo 4

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
VACARIA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente

Segundo Austroads (1994), (ver Figura 22) apenas 28% dos acidentes são causados por influência de fatores da rodovia. Embora este estudo não represente a realidade das rodovias brasileiras, serve como base para algumas inferências em nossa realidade. Uma destas inferências sugere que os investimentos nas rodovias podem influir de forma significativa sobre aproximadamente 1/3 dos acidentes. Entretanto, demonstra que uma parcela dos acidentes ocorre em decorrência de fatores do ambiente rodoviário, por isso mantivemos sua referência. Cabe ressaltar que este estudo pode ser questionado, pois a soma total dos fatores é maior que 100%.

**Figura 22** Fatores que afetam os acidentes (Fonte: Adaptado de Austroads,1994)

5.4.6 Comparações entre os modelos

Na Tabela 32 apresenta-se um resumo das unidades que atingiram a eficiência em cada modelo.

Tabela 32 Resumo das unidades eficientes em cada modelo, com as maiores restrições de pesos

DMU	Eficiência Empresarial (Modelo 1)	Eficiência Empresarial – Hipotética (Modelo 2)	Eficiência de Imagem (Modelo 3)	Eficiência de Segurança (Modelo 4)	Total
SANTA7		x		x	2
VACARIA7	x	x	x	x	4
METRO7		x	x	x	3
LAJEADO7	x				1
GRAMADO7					0
CARAZINHO7	x	x	x		3
CAXIAS7	x	x			2

Obs: Lembrando que a restrição do modelo 1 é muito forte e nos demais com restrição forte.

Na análise de eficiência dos modelos verificou-se que o Pólo Vacaria se destacou por alcançar a eficiência em todos os modelos analisados. Os Pólos Metropolitano e Carazinho apresentaram eficiência em três dos modelos analisados e, os Pólos Santa Cruz e Caxias foram eficientes em dois modelos. Ainda, o pólo de Lajeado apresentou eficiência em apenas um modelo, enquanto que o Pólo Gramado não foi eficiente em nenhum dos modelos. Destaca-se mais uma vez que, surpreendentemente, Lajeado não é eficiente sob o ponto de vista da receita hipotética, mas é sob a receita efetiva.

A correlação entre os escores de eficiência dos modelos é apresentada na Tabela 33.

Tabela 33 Correlação entre os resultados de eficiência dos modelos

Correlação	Eficiência Empresarial (modelo 1)	Eficiência Imagem (modelo 3)	Eficiência Segurança (Modelo 4)
Eficiência Empresarial	1		
Eficiência Imagem	0,391	1	
Eficiência Segurança	0,176	0,815	1

A Figura 23, Figura 24 e Figura 25 apresentam as comparações dos resultados entre os modelos analisados.

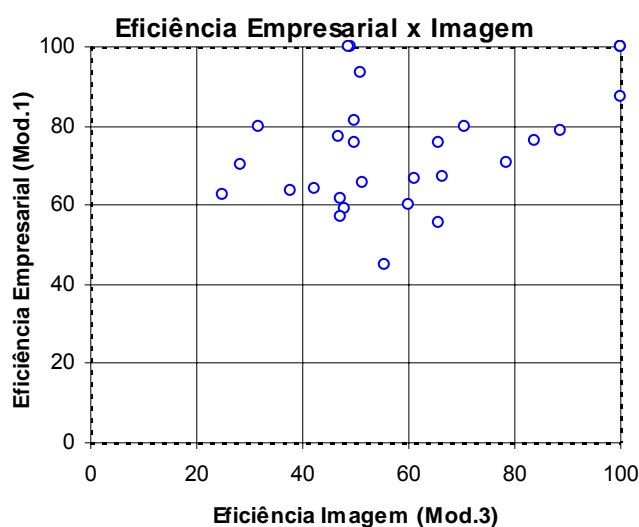


Figura 23 Relação entre Eficiência Empresarial e Eficiência de Imagem

A análise comparativa entre as eficiências empresarial e de imagem (Modelo 1 x Modelo 3) mostra baixa correlação linear entre elas, sugerindo que a busca de lucro não se reflete em redução ou em aumento da qualidade dos serviços. Ser eficiente do ponto de vista de servir o usuário é diferente de ser eficiente e obter lucro.

Observando a dispersão dos escores, se percebe que há inexistência de correlação para o conjunto de dados e mascara a forte associação observada entre os resultados com escore de eficiência superiores a 60%. Isso indica a importância do poder público estabelecer um limite mínimo de eficiência para as empresas, bem como a importância desse método de análise para instrumentalizar estas decisões do gestor, no interesse da população.

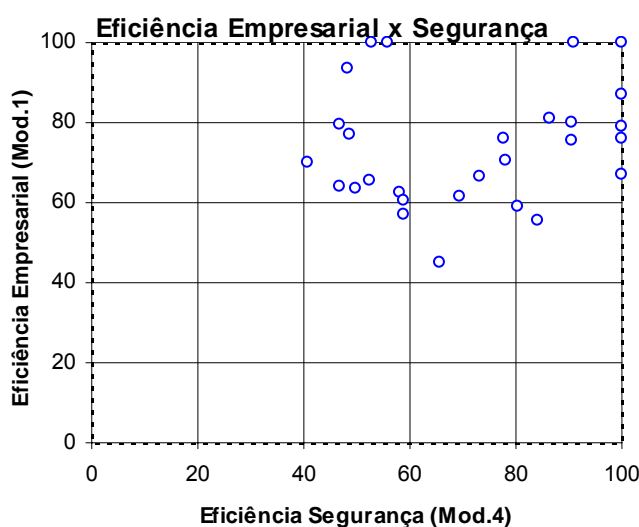


Figura 24 Relação entre Eficiência Empresarial e Eficiência de Segurança

A comparação entre as eficiências empresarial e de segurança (Modelo 1 x Modelo 4) também não apresenta correlação, sugerindo que não se pode diferenciar as empresas que buscam eficiência sob objetivos no lucro das que são (ou não são) eficientes, sob o ponto de vista da redução de acidentes. Pode-se colocar que também acima dos 60%, do ponto de vista da segurança, a mesma análise da Figura 23 se aplica.

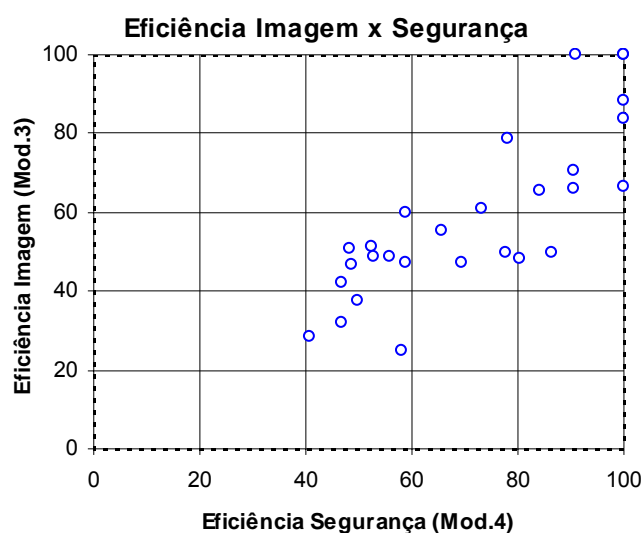


Figura 25 Relação entre Eficiência Imagem e Eficiência de Segurança

Por outro lado, há forte correlação linear entre os escores de eficiência obtidos com objetivos de imagem e na busca de segurança (Modelo 3 x Modelo 4). Isto sugere que, sob o ponto de vista do usuário, quanto maior a eficiência de segurança (menos acidentes em relação aos gastos) melhor a eficiência de imagem, permitindo supor que investimentos preventivos qualificam o gestor, desde a perspectiva do usuário.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho analisa e quantifica graus de eficiência técnicos, multidimensional, não-paramétricos, em pólos concedidos de rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Através da análise, foram identificadas as concessionárias que melhor vem gerindo seus recursos em relação ao conjunto de unidades avaliadas, considerando objetivos particulares (lucro), sociais (redução de acidentes) e públicos (Índice de Imagem). Observou-se, também, que estes objetivos não apresentaram correlação significativa o que sugere certo descompromisso entre lucro privado, interesse dos gestores e interesses dos usuários das rodovias.

Cabe lembrar que, neste trabalho, todas as análises são referentes a alguns pólos rodoviários em particular. Nestes avaliou-se a eficiência de uma concessionária de rodovia em relação às demais, sendo os resultados restritos aos locais e situações modeladas. A técnica utilizada, Análise Envoltória de Dados (DEA), tem-se mostrado útil para analisar unidades comparáveis, para problemas conceitualmente similares, sob circunstâncias variadas, conforme exposto na revisão bibliográfica.

Uma das razões para analisar a eficiência das concessionárias envolve a busca pelo aprimoramento dos processos internos das empresas, visando a otimização dos recursos financeiros e humanos com o aumento do lucro e melhora crescente dos serviços a serem oferecidos ao usuário. De outra parte, aos serviços públicos interessam aspectos sociais, que também devem compor os objetivos das concessionárias.

Um dos objetivos deste trabalho contemplava a introdução da técnica DEA para avaliar a eficiência das concessões de rodovias. Assim, buscou-se analisar o desempenho dos pólos sob o ponto de vista do empresário, do usuário e do poder concedente, de modo a fornecer indicativos para melhorias na gestão. Desta forma, buscou-se resultados que orientem a tomada de decisões das empresas. Esta pesquisa demonstrou o potencial metodológico da técnica, como um método para avaliações de desempenho e ferramenta de apoio à tomada de decisões gerenciais.

Devido à escassez e limitações de base de dados mais apurados no setor de transportes rodoviário, esta pesquisa contribui na introdução do conceito de avaliação de eficiência nas concessões rodoviárias. Devem-se, primeiramente, incorporar nas empresas as bases conceituais e técnicas para a medição e criação de uma cultura da eficiência para, em um segundo momento, implementar um sistema regulatório baseado na redistribuição dos ganhos econômicos.

Aparentemente existe desproporção entre a preocupação (por parte dos gestores públicos) no momento da elaboração da fórmula (sofisticada) de reajuste das tarifas e pouco caso atribuído a critérios que avaliam a eficiência das empresas. Essa carência possivelmente resulta da inexperiência do órgão regulador e gestor, assim como das empresas. Podendo trazer reflexos importantes e negativos para o sistema e para os usuários.

As análises realizadas permitem concluir que esta pesquisa pode contribuir para a avaliação de eficiência relativa do conjunto de unidades, fornecendo subsídios para embasar novos contratos de concessão. Os resultados também mostram que o método de análise utilizado pode contribuir para a identificação de patamares mínimos de eficiência aceitável, que com o tempo qualificariam o sistema como um todo.

É importante enfatizar a necessidade de um bom planejamento financeiro e de eficiência operacional, dado sua relação com custos de mercado. A avaliação de aspectos não financeiros também revela-se de grande importância, pois é o que interessa para os usuários. Além dos escores obtidos pelas empresas avaliadas, devem-se analisar as “metas” das empresas qualificadas como ineficientes pois escondem seus pontos fortes e fracos, apontando sugestões relativas a campos onde podem avançar rumo as melhores práticas do mercado.

Obtiveram-se resultados diferentes entre os pólos, sugerindo presença de diferentes políticas de gestão das empresas. Em relação aos pólos Metropolitano, Lajeado e Caxias do Sul (administrados pela mesma empresa), observou-se distintos resultados nos modelos de eficiência empresarial, de imagem e de segurança (modelo 1, 3 e 4). Isso sugere prioridades diferenciadas nas praças distintas, em que pesa a gestão centralizada.

A gestão da infra-estrutura rodoviária por parte das concessionárias deveria resultar no aumento da qualidade das rodovias. Dessa forma, gerar economia nos custos dos usuários, aumento da capacidade das vias e maior segurança. Com o aumento da segurança viária,

espera-se uma redução do número de acidentes. Em relação ao Índice de Acidentes, pode-se constatar uma tendência geral de crescimento deste, sendo este um fator preocupante, pois contradiz o objetivo esperado.

Os resultados deste trabalho não sugerem e nem dão suporte a comparações com pólos de outros Estados, uma vez que se observam grandes diferenças entre os modelos de concessão, entre os padrões de qualidade e serviço, e as condições meio ambientais. Ainda assim, considera-se adequada a técnica utilizada e, recomenda-se sua aplicação a indústrias públicas, privadas e mistas, sendo uma ferramenta muito útil para análise de qualquer setor.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em função da inexistência de dados históricos para uma possível comparação, é necessária a construção de uma base de dados para que sejam possíveis novas comparações. Na conclusão deste trabalho, alguns dados foram divulgados pelo DAER do ano 2005, porém o Índice de Imagem de 2005 não foi divulgado. Desta forma, cabe ao governo exigir nos próximos contratos que as empresas divulguem suas informações de maneira mais detalhada, proporcionando análises mais específicas e detalhadas.

O controle do desempenho somente tem utilidade quando inserido em um contexto de fatores potencialmente influenciáveis, buscando solucionar questões como, por exemplo: o resultado de alguma mudança está realmente relacionado com o que foi modificado? Pode ser justificado o gasto com essa ação? Conhece-se o efeito da ação? Finalmente, recomenda-se a avaliação de eficiência com os dados defasados, pois alguns investimentos possivelmente terão retorno somente nos anos seguintes.

Recomenda-se, como trabalho futuro, a realização de uma nova análise, considerando os trechos com 3^{as} faixas, uma vez que estes trechos, em alguns pólos, podem gerar um grande custo. Sugere-se ainda, o levantamento dos dados diretamente com as empresas, pois não existiam dados disponíveis na base de dados do DAER e da AGERGS até a finalização deste trabalho.

Ainda, uma alternativa de restrição de pesos poderia ser testada através da inserção de DMUs artificiais, onde é recomendado a utilização de uma empresa modelo, a qual possui

os melhores desempenhos possíveis. Através desta inclusão seria possível fazer um *benchmarking* exógeno como sugerido por Santos et al. (2005).

Pode-se observar que existem padrões de comportamento diferentes nos resultados do modelo 1 (eficiência empresarial), podendo ser separados em três grupos de evolução. Entretanto não se tem elementos para interpretá-los, sendo interessante um estudo comparativo mais detalhado do comportamento destes grupos, pois apresentam três tipos de respostas as mesmas regras ao longo do tempo.

Para a criação de uma política de medição do desempenho, sugere-se a realização de reuniões entre as partes envolvidas (empresas privadas e o órgão fiscalizador) para a definição das variáveis a serem utilizadas nas análises, obtendo assim um maior comprometimento por ambas partes.

REFERÊNCIAS

1 CONSULTING, Inc. **Integrated Data Envelopment Analysis System - IDEAS**: User Guide version 5.1. Amherst, 1995. 54p

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatório Final dos Serviços Técnicos Especializados de Apoio à AGERGS no Exame do Equilíbrio Econômico-Financeiro dos Contratos de Concessão Rodoviária Integrantes do Programa Estadual de Concessão Rodoviária**. Porto Alegre, 2005.

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatórios das pesquisas com usuários voluntários, Projeto de Exploração de Rodovias, Leis, Contratos, Aditivos**. Disponível em: <<http://www.agergs.rs.gov.br>>. Acesso em: 17 ago. 2006.

ANCARANI, A.; CAPALDO, G. Management of standerized public services: a comprehensive approach to quality assessment. **Managing Service Quality**, v.11, n.5, 2001.

ANDERSEN, P.; PETERSEN, N.C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. **Management Science**, Odense, v. 39, n.10, p. 1261-1264, oct. 1993.

ATHAYDE, A.H.; AGUIAR, E.M.; NAGANO, M.S. Avaliação do desempenho financeiro de empresas do transporte rodoviário de cargas pelo método DEA. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 17.,2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2003. v.2, p.1500-1511.

AUSTROADS. **Road Safety Audit**. Austrália, n. AP-30/94. 1994.

AZAMBUJA, A. M.V. **Análise de Eficiência na Gestão do Transporte Urbano por Ônibus em Municípios Brasileiros**. 2002. 385f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BENJAMIN, J.; OBENG, K. The effect of policy and background variables on total factor productivity for public transit. **Transportation Research**, Great Britain, v. 24B, n. 1, p. 1-14, 1990.

BOUSSOFIANE, A., DYSON, R.G.; THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, n. 52, p. 1-15, 1991.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 fev. 1995. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7418.htm>. Acesso em: 20 set. 2006.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 07 de julho de 1995. Estabelece Normas para outorga e prorrogação das concessões e permissões de serviços públicos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jul. 1995. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7418.htm>. Acesso em: 20 set. 2006.

CASTRO, N. **Privatização do setor de transportes no Brasil**. Rio de Janeiro, Faculdade de Administração, Universidade do Rio de Janeiro, 1999.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operation Research**, n.2, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A et. al. **Data envelopment analysis; theory, methodology and applications**. London, Kluwer Academic Publishers, 1996. 511p.

CINTRA DO AMARAL, C.A. As Agências de Regulação de Serviço Público devem ser extintas? **Interesse Público**, São Paulo, v.5, n.18, p.50-52, mar./abr. 2003.

COELLI, T.; RAO, D.S.P.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. London, Kluwer Academic Publishers, 1997. 275p.

COELLI, T. et. al. **A Primer on Efficiency Measurement for Utilities and Transport Regulators**. Washington, D.C., World Bank Institute Development Studies, 2003.

COOK, W.D. et. al. A Data Envelopment Approach to Measuring Efficiency: Case Analysis of Highway Maintenance Patrols. **The Journal of Socio-Economics**, v.20, n. 1, p. 83-103, 1991.

COSTA, M.B.B. **Analisando a Produtividade de uma Operadora de Transporte Coletivo Urbano de Ônibus**. 1996. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 1996.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE ESTRADAS E RODAGEM DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <<http://www.daer.rs.gov.br>> Acesso em: 17 ago. 2006.

DALMAZO, R. A regulação como espaço da política pública. In: CONGRESSO ABAR, 3., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado, 2003.

ESTACHE, A.; DE RUS, G. **Privatization and Regulation of Transport Infrastructure: Guidelines for Policymakers and Regulators**. Washington, D.C., World Bank Institute Development Studies, 2000.

FARREL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, n.120, p.449-460, 1957.

FELDMAN, M.A. A regulação dos pólos rodoviários no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Estradas**, Porto Alegre, v.4, n.7, 2004. Cobertura especial do Encontro Nacional de Conservação de Estradas, 9., 2004.

FENSTERSEIFER, J.E. Eficiência e eficácia no transporte público urbano. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, v. 9, n. 34, p. 7-24, 1986.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Eletrônico - Século XXI**. Versão 3.0 Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM.

FITZGERALD, L. et. al. **Performance Measurement in Service Businesses**. London, The Chartered Institute of Management Accountants, 1991.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **OMEGA Int. Journal of Management Science**, Great Britain, v. 17, n.3, p. 237-250, 1989.

GOMES, E.G. et. al. Avaliação de Eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras: uma abordagem por Análise Envoltória de Dados. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 15., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas, ANPET, 2001. v.2, p.125-133.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; BIONDI, L.N. Medidas comparativas de eficiências aeroportuárias. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 16., Natal. **Anais...** Natal: ANPET, 2002. v.1, p. 3-9.

GOMES, E.G. et. al. Avaliação de rodovias privatizadas com Análise envoltória de Dados. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 17., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2003. v.2, p.1488-1499.

GONÇALVES, D.A. **Avaliação de eficiência de fundos de investimento financeiros:** utilização de DMU artificial em modelos DEA com outputs negativos. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GONZALES ARAYA, M.C. Uma metodologia para projetar DMUs em facets eficientes de maior dimensão. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 34., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002.

GREENE, W.H. The econometric approach to efficiency analysis. In: FRIED, H.O., LOVELL, C.A.K., SCHMIDT, S.S. **The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications.** Oxford, 1993. p. 68 -119.

GUASCH, J.L.; SPILLER, P. **Managing the regulatory process:** design, concets, issues, and the Latin America and Caribbean Story. Washington, DC., World Bank Latin American And Caribbean Studies, Viewpoints, 1999.

HUDSON,W.R.; HUDSON, S.W. Pavement Management Systems Lead The Way for Infrastructure Management Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGING PAVEMENTS, 3., 1994, Washington, DC. **Proceedings...**, Washington, DC.: Transportation Research Board, National Research Council, 1994. p. 99-112.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Laboratório de Sistemas de Transportes - LASTRAN. **Avaliação do impacto da implantação de concessões nas rodovias do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Convênio UFRGS-DAER, 1998. Relatório Final.

LOPES, P.A. **Portal de Estatística** - Paulo Afonso Lopes. Disponível em: <<http://www.estadistica.eng.br/percentis.htm> > Acesso em: 16 jul. 2005.

LOVELL, C.A.K. Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, H.O., LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. **The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications.** Oxford, 1993. p.3-67.

MAYSTON, D.J. Profi Performance Indicators in the Public Sector. **Financial Accountability and Management**, n.1, p. 51-74, summer, 1985.

MELGAREJO, L. **Desempenho, eficiência multidimensional e previsão de possibilidade de sucesso em assentamentos de reforma agrária, no Rio Grande do Sul**. 2000. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina , Florianópolis, 2000.

MERINO, E. **Modelo analítico de avaliação da eficiência e produtividade das concessões de exploração de rodovias federais**. Porto Alegre, UFRGS, 2005. Relatório Técnico CNPq - UFRGS

MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. Enfoque multiobjetivo para determinação de Benchmarks de companhias aéreas brasileiras DEA-ineficientes. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 16., 2002, Natal. **Anais...** Natal: ANPET, 2002. v.1, p.27-34.

MICHEL, F.D. et. al. **A Experiência Brasileira de Concessões de Rodovias**. v.1 São Paulo Editora, 2003. 168 p.

MICROSOFT Excel 2003. [S.l.]: Microsoft Corporation, 2003.

NANCI, L.C.; SENRA, L.F.A.C.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. Uso de DEA e técnicas de agrupamento na avaliação do desempenho de operadores logísticos - Estudo de caso na entrega domiciliar de jornais. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 19., 2005, Natal. **Anais...** Recife: ANPET, 2005. v.2. p. 1777-1787.

NORMAN, M.; STOKER, B. **Data Envelopment Analysis: the Assessment of Performance**. London: John Wiley & Sons, 1991. 256p.

NOVAES, A. G. N. Rapid-transit efficiency analysis with the assurance-region DEA method. **Pesquisa Operacional**, v.21, n.2, p.179-197, 2001.

OTLEY, D. Performance Management: a framework for management control systems research. **Management Accounting Research**, v.10, n. 1, p. 363-382, 1999.

OUM, T.H., TRETHERWAY, M.W.; WATERS, W.G. Concepts, methods and purposes of productivity measurement in transportation. **Transportation Research**, Great Britain, v. 26A, n.6, p. 493-505, 1992.

PAIVA JÚNIOR, H. **Avaliação de desempenho de ferrovias utilizando a abordagem integrada DEA/AHP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

PEARSON, K. Data envelopment analysis: an explanation. **Bureaus of Industry Economics** (Working Paper), Canberra, n.83, p.1-44, 1993.

PIRES, J.C.L.; GOLDSTEIN, A. Agências Reguladoras Brasileiras: avaliação e desafios. **Revista BNDES**, Rio de Janeiro, v.8, n.16. p 3-24. 2002.

PMAFORUM. **Performance Measurement Association**. <pmaforum@yahoogroups.co.uk> Disponível em: <<http://uk.groups.yahoo.com/group/pmaforum/>> Acesso em: 30 nov. 2005.

PORTER, M. **The need for a new paradigm**: the competitive advantage of nations. New York: The Free Press, 1990.

PORTO, H. Fiscalizar: com olhos nos objetivos. In: CONGRESSO ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO, 3., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado: ABAR, 2003.

PRADO, M.V.; DA SILVA, F.G.F.; YAMASHITA, Y. Análise da Eficiência técnica relativa das linhas do transporte público urbano utilizando análise de envoltória de dados e análise espacial. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 19., 2005, Natal. **Anais...** Recife: ANPET, 2005. v.1., p.241-249.

PUTTERILL, M; ROUSE, P. Measuring Performance in the New Zealand Public Sector: the case of Road Maintenance. **Research in process** (working paper). New Zealand: University of Auckland, Department of Accounting And Finance, 1993.

REIS, M.M. **Conceitos elementares de estatística**. Florianópolis: Departamento de Informática e Estatística. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~marcelo/intro.html> > Acesso em: 17 de ago. 2006.

ROCHA, J.G.C. Estudo comparativo dos critérios de aferição da qualidade dos serviços nas concessionárias brasileiras de rodovias. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 16., 2002, Natal. **Anais...** Natal: ANPET, 2002. v.2, p.395-405.

ROLL, Y.; GOLANY, B. Alternate methods of treating factor weights in DEA. **Journal of Management Science**, Great Britain, v. 21, n.1, p. 99-109, 1993.

ROUSE, P.; PUTTERILL, M. Incorporating Environmental factors into a highway maintenance cost model. **Management Accounting Research**, v.11, n.3, p.363-384, 2000.

ROUSE, P.; PUTTERILL, M. An Integral framework for performance measurement. **Management Decision**, v.41, n.8, p.791-805, 2003.

ROUSE, P.; PUTTERRILL, M.; RYAN, D. Towards a General Managerial Framework for Performance Measurement: a Comprehensive Highway Maintenance Application. **Journal of Productivity Analysis**, Boston, n.8, p.127-149, 1997.

ROUSE, P.; PUTTERILL, M.; RYAN, D. Integrated Performance Measurement Design: Insights from an application in aircraft maintenance. **Management Accounting Research**, v.1, n.13, p. 229-248, 2002.

RUCH, W.A. The measurement of white-collar productivity. **National Productivity Review**, v.8, n.1, p.22-28, 1982.

SAMPAIO, B.R.; LIMA, O.N.; SAMPAIO, Y. Eficiência de sistemas de transporte público com análise de envoltória de dados: indicações para formulação de novo quadro institucional para a região metropolitana do Recife. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 19., 2005, Natal. **Anais...** Recife: ANPET, 2005. v.1., p.229-240.

SANTOS, E.M.; ARAGÃO, J.J.G.; CÂMARA, M.T.; COSTA, E.J.S.C.; ALDIGUERI, D.R.; YAMASHITA, Y. Análise de desempenho em contratos de concessão rodoviária. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 19., 2005, Natal. **Anais...** Recife: ANPET, 2005. v.1., p.120-131.

SENNA, L.A.S. Dimensão de Qualidade e Produtividade em Transportes: Mitos, Usos e Abusos. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 13., 1994, Recife. **Anais...** Recife: ANPET, 1994. v.2., p.585-598.

SHEFFEY, C.B. Exploiting New Technology in an Era of Limited Resources. In: NEW ZELAND ROADING SYMPOSIUM, 1983, Wellington. **Proceedings...** Wellington, 1983.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SINK, S; **Productivity Management and Evaluation, Control and Improvement**. John Wiley & Sons. 1983

SMITH, P.; MAYSTON, D. Measuring efficiency in the public sector. **International Journal of Management Science**, Heslington, v.15, n.3, 181-189, 1987.

SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; MEZA, L.A.; GOMES, E.G.; BIONDI, L.N. Fronteira DEA de Dupla Envoltória no estudo da evolução da Ponte Aérea Rio-São Paulo. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 17., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2003. v.2., p.1158-1166.

SSATP - Sub-Saharan Africa Transport Policy Program. **Road Sector Performance Indicators for African Countries**. UNECA e World Bank. Note n° 17. 1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Departamento de Estatística**. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/~silvia/CE055/node26.html>>. Acesso em: 17 ago. 2006.

WORLD BANK INSTITUTE. **Toolkit for Public Private Partnership in Highway**. Disponível em: <<http://rru.worldbank.org/Documents/Toolkits/Highways/>>. Acesso em: 17 ago.2006.

ANEXO A – Base de dados

A seguir são apresentados os dados utilizados neste trabalho. Estes dados foram retirados das seguintes fontes oficiais:

AGERGS - Relatório Final dos Serviços Técnicos Especializados de Apoio à AGERGS no Exame do Equilíbrio Econômico-Financeiro dos Contratos de Concessão Rodoviária Integrantes do Programa Estadual de Concessão Rodoviária (PECR).

DAER – Relatórios disponíveis na internet.

BPRE e BPRF – Através de Banco de Dados fornecidos diretamente pelos Órgãos.

Tabela 34 Base de dados das Receitas, Investimentos e Despesas (R\$ ano-base 1996)

DMU (Pólo e Ano)	Receita Efetiva	Receita Total Possível	Investimentos Restauração e Manutenção	Despesas Adm.e Oper. – Mão-de-Obra	Despesas – Custo Conservação
SANTA4	9.176.719	9.278.975	7.063.287	729.180	831.992
SANTA5	9.740.872	9.888.981	4.665.402	735.136	926.844
SANTA6	10.153.197	10.346.395	6.795.363	831.620	1.089.366
SANTA7	3.851.487	3.916.356	1.601.862	264.682	459.201
VACARIA4	6.636.746	6.904.921	3.722.104	628.563	788.600
VACARIA5	7.515.997	7.729.717	2.547.670	796.226	1.063.778
VACARIA6	8.321.958	8.550.300	2.616.732	785.829	825.360
VACARIA7	1.967.723	2.617.228	185.137	197.553	148.468
METRO4	16.616.763	16.616.763	11.381.366	3.073.889	845.530
METRO5	17.748.303	20.698.555	6.448.358	2.919.970	979.005
METRO6	19.247.700	22.470.535	7.649.158	2.742.284	675.201
METRO7	9.994.184	11.240.954	3.315.721	1.250.593	298.951
LAJEADO4	20.050.306	20.196.401	7.313.714	3.131.322	765.346
LAJEADO5	21.379.319	22.121.925	12.113.709	3.130.398	655.982
LAJEADO6	22.928.041	23.927.950	18.439.440	2.863.490	813.940
LAJEADO7	12.755.000	12.971.794	7.265.543	1.373.336	266.173
GRAMADO4	4.202.070	4.426.588	902.893	679.388	346.574
GRAMADO5	4.524.456	4.783.755	914.744	753.828	521.092
GRAMADO6	4.915.569	5.196.679	893.127	799.132	741.312
GRAMADO7	1.730.190	1.834.763	60.494	218.598	567.954
CARAZINHO4	10.656.918	10.657.157	5.977.601	974.929	429.611
CARAZINHO5	11.479.836	11.490.896	5.926.087	1.036.369	387.697

CARAZINHO6	12.426.266	12.434.340	8.157.250	1.084.675	579.953
CARAZINHO7	8.067.724	8.074.632	3.044.254	612.377	141.408
CAXIAS4	5.873.272	16.307.791	2.462.621	1.949.249	347.689
CAXIAS5	8.117.532	18.031.471	2.865.872	1.860.176	430.385
CAXIAS6	14.850.889	18.751.180	9.947.983	2.146.765	709.427
CAXIAS7	7.392.676	9.978.801	2.682.900	1.070.693	215.460

Fonte: AGERGS (2005)

Tabela 35 Base de dados de VDM (em número de veículos) e Índice de Imagem (em %)

DMU (Pólo e Ano)	VDM	Índice de Imagem	DMU (Pólo e Ano)	VDM	Índice de Imagem
SANTA4	12.842	76	LAJEADO6	3.383	80
SANTA5	12.356	75	LAJEADO7	3.474	77
SANTA6	12.211	78	GRAMADO4	3.135	75
SANTA7	12.718	83	GRAMADO5	3.102	76
VACARIA4	3.135	51	GRAMADO6	3.198	76
VACARIA5	3.102	70	GRAMADO7	3.259	72
VACARIA6	3.198	80	CARAZINHO4	13.097	65
VACARIA7	3.259	75	CARAZINHO5	12.715	69
METRO4	23.245	70	CARAZINHO6	12.491	77
METRO5	22.150	65	CARAZINHO7	12.269	88
METRO6	22.029	72	CAXIAS4	20.744	68
METRO7	20.313	77	CAXIAS5	18.056	61
LAJEADO4	3.683	72	CAXIAS6	18.468	61
LAJEADO5	3.529	60	CAXIAS7	17.545	78

Fonte: VDM (AGERGS, 2005); Índice de Imagem (DAER, 2006). Observação: os dados do VDM apresentam valores iguais nos relatórios para Vacaria e Gramado. Este possível erro foi encaminhado a AGERGS, que até a data de conclusão deste trabalho não encontrou solução.

Tabela 36 Base de dados de Extensão de Rodovia (em km)

DMU (Pólo)	Extensão	Pista Dupla	Extensão Total
SANTA	207,87	-	207,87
VACARIA	141,84	-	141,84
METRO	535,77	-	535,77
LAJEADO	328,78	-	328,78
GRAMADO	144,77	7,67	152,44
CARAZINHO	250,40	-	250,4
CAXIAS	191,07	15,86	206,93

Fonte: DAER (2006)

Tabela 37 Base de dados do Número de Acidentes com Mortes e do Total de Acidentes em Rodovias Federais

PÓLO	RODOVIA	TRECHO			ANO 4		ANO 5		ANO 6		ANO 7	
		DESCRIÇÃO	INÍCIO	FIM	com Mortes	Total	com Mortes	Total	com Mortes	Total	com Mortes	Total
CARAZINHO	BR 386	Sarandi - Carazinho - Soledade	133,2	252,1	5	165	8	216	8	234	7	113
	BR 285	Passo Fundo - Carazinho - Panambi	291,6	384,1	7	128	9	112	6	121	4	94
CAXIAS	BR 116	Campestre da Serra - Caxias - Nova Petrópolis	79,2	183,9	6	399	5	364	5	548	2	383
LAJEADO	BR 386	Arroio Tatim - Lajeado - Estrela - Entr. RST-287	252,3	390,8	19	565	14	579	16	665	18	325
METROPOLITANO	BR 116	Guaíba - Camaquã	301,5	399,5	8	209	6	208	7	212	3	126
	BR 290	Eldorado do Sul - Pantano Grande - Entr. BR-153	112,3	317,3	5	216	4	217	8	205	6	128
	BR 153	Entr. BR-290 - Entr. BR-392	463,3	488,8	1	4	1	6	0	9	0	0
SANTA CRUZ	BR 471	Santa Cruz do Sul - Pantano Grande	120,6	179,3	4	111	3	103	4	112	1	101
VACARIA	BR 116	Divisa SC - Vacaria - Campestre da Serra	0,0	79,2	8	160	5	143	7	212	2	106
	BR 285	Vacaria - Lagoa Vermelha	120,2	182,8	2	124	4	140	0	137	0	72

Fonte: BPRF (2006)

Tabela 38 Base de dados do Número de Acidentes com Mortes e do Total de Acidentes em Rodovias Estaduais

PÓLO	RODOVIA	TRECHO			ANO 4		ANO 5		ANO 6		ANO 7	
		DESCRIÇÃO	INÍCIO	FIM	com Mortes	Total	com Mortes	Total	com Mortes	Total	com Mortes	Total
CARAZINHO	RST-153	Passo Fundo - Entr.BR-386	0+000	39+020	2	65	5	61	3	68	3	35
	RST-153	RS 324	172+00	178+000	0	1	0	3	1	11	0	6
CAXIAS	RS 122	Nova Milano - Caxias - Antônio Prado	53+000	127+880	16	402	16	375	20	350	7	195
	RS 122	RST 453	121+000	141+000	0	24	0	44	2	47	0	18
	RST-453	Caxias - Nova Milano	140+740	147+160	1	28	1	26	1	19	0	21
LAJEADO	RS 130	Trevo Cruzeiro do Sul - Trevo BR 386 - Lajeado - Entr. RS-129	68+620	97+150	4	151	6	154	2	148	2	92
	RS 130	RS 453	29+000	32+000	0	4	0	6	0	6	0	4
	RS 129	Entr.RS-130 - Guaporé	68+110	127+410	3	93	3	70	4	84	2	50
	RS 128	Entr.BR-386 - Entr. RST-453	13+910	30+300	2	41	0	29	4	36	0	17
	RST-453	Venâncio - Lajeado	0+080	29+530	7	94	8	105	6	94	4	88
	RST-453	Estrela - Garibaldi	39+680	96+380	6	110	3	105	5	99	4	47
GRAMADO	RS 020	Taquara - Contorno de São Francisco de Paula	67+520	95+500	1	23	1	17	3	67	1	17
	RS 020	RS 110	1+000	2+000	0	1	0	0	0	5	0	2
	RS 020	RS 235	74+000	76+000	0	0	0	2	0	0	0	1
	RS 115	Entroncamento RS-239 - Arroio Muller - Três Coroas - Gramado	00+000	40+870	3	196	4	222	5	171	5	82
	RS 235	Nova Petrópolis - Gramado	02+040	33+880	0	50	0	44	2	39	1	26
	RS 235	Gramado - Canela	35+510	41+410	0	67	0	59	1	78	0	42
	RS 235	Canela - São Francisco de Paula	43+190	74+430	0	23	1	18	0	30	0	14
	RS 466	Canela - Caracol	00+000	07+240	0	6	1	8	0	4	0	2
METROPOLITANO	RS 030	Gravataí - Osório	6+150	80+150	1	180	7	191	9	206	3	101
	RS 030	RST 101	95+000	103+000	0	2	0	0	0	0	0	0
	RS 030	ERS 389	90+000	91+000	0	0	0	0	0	0	0	1
	RS 040	RS-040 - Viamão - Pinhal	11+200	94+500	8	203	6	221	5	214	2	81
	RS 784	Entr.RS-040 - Cidreira	0+000	14+920	0	8	0	12	0	15	1	2
	RS 474	Entr.RS-030 - Entr.RS-239	0+000	35+000	3	39	1	50	1	51	1	29
SANTA CRUZ	RST 287	Tabaí - Santa Cruz do Sul - Vila Paraíso	28+000	177+160	15	306	21	283	24	323	7	198

Fonte: BPRE (2006)

APÊNDICE A – Dados de entrada no *software*

A seguir são apresentados os insumos e produtos utilizados (já normalizados) para a construção dos escores de eficiência nos diversos modelos. Em relação ao Índice de Segurança, este foi utilizado como o inverso do índice $\left(\frac{1}{\text{Índice}}\right)$, representando o maior número à unidade que apresenta menos acidentes. Também são apresentados os gráficos da média ponderada entre os pólos analisados.

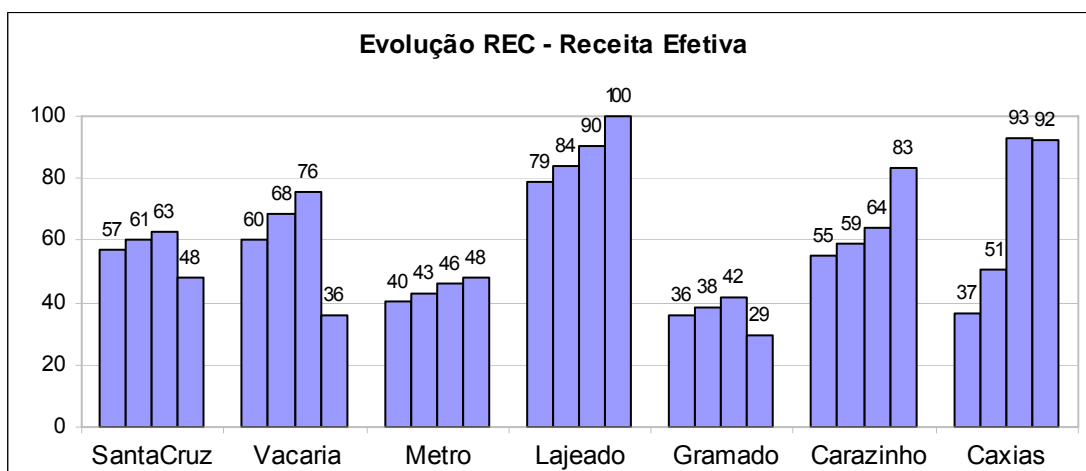


Figura 26 Evolução da REC - Receita Efetiva

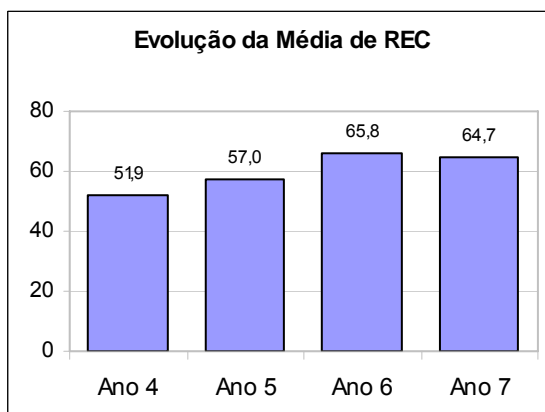


Figura 27 Evolução da média ponderada de REC - Receita Efetiva

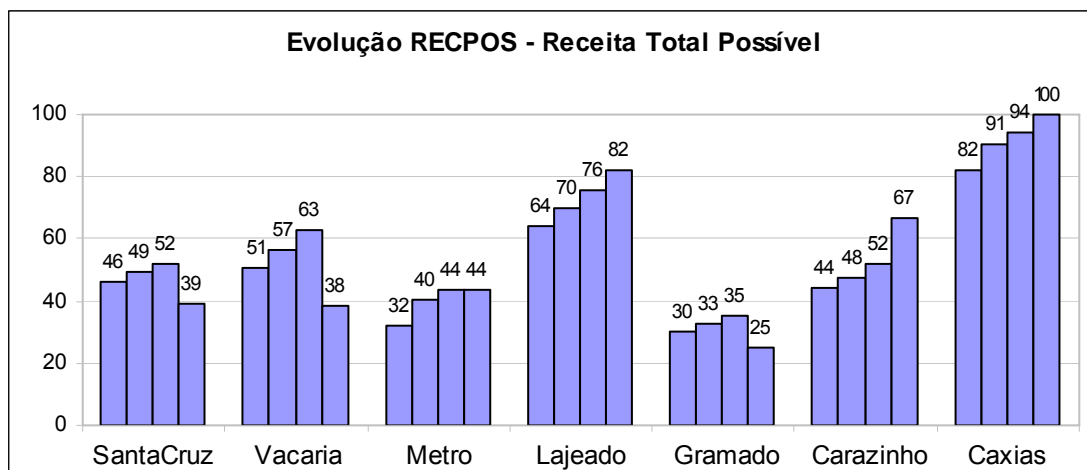


Figura 28 Evolução da RECPOS - Receita Total Possível

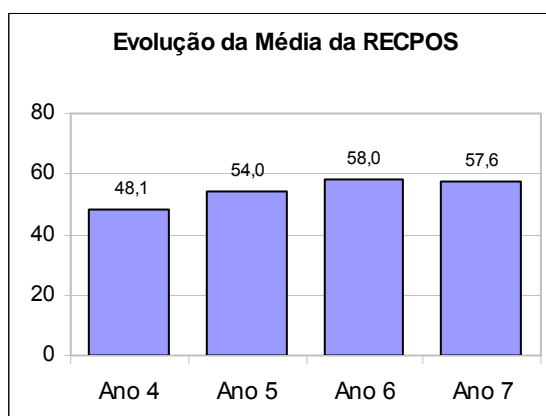


Figura 29 Evolução da média ponderada da RECPOS - Receita Total Possível

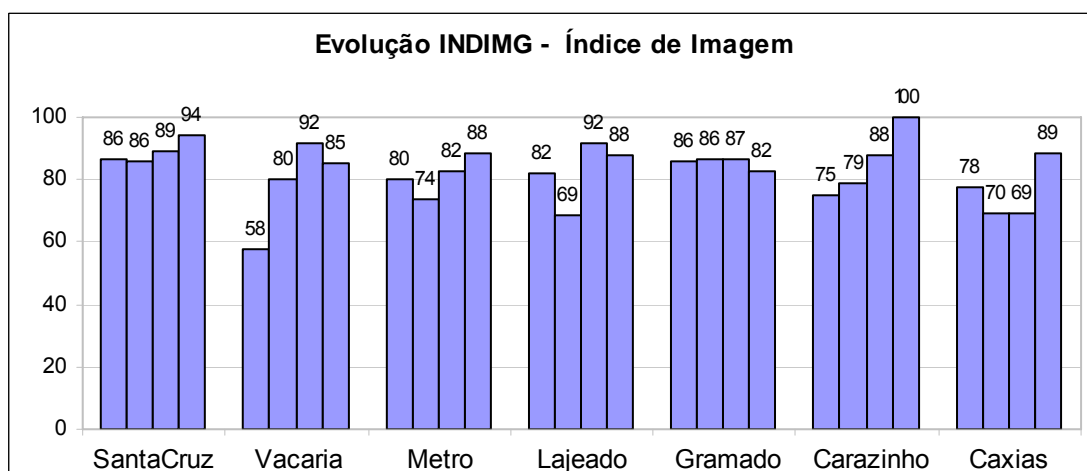


Figura 30 Evolução do INDIMG – Índice de Imagem

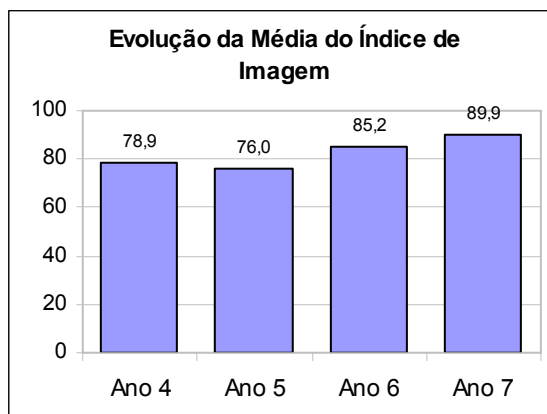


Figura 31 Evolução da média ponderada do INDIMG – Índice de Imagem

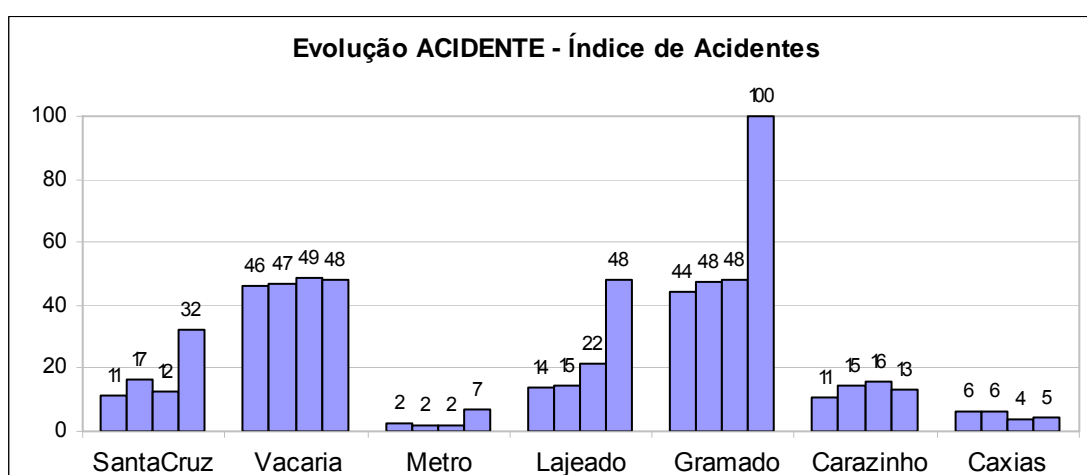


Figura 32 Evolução de ACIDENTE – Índice de Acidentes

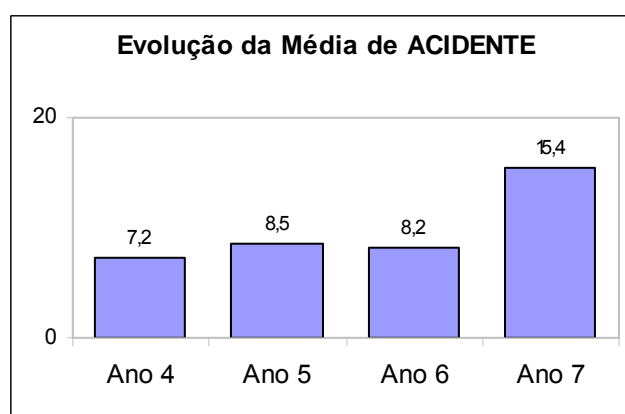


Figura 33 Evolução da média ponderada de ACIDENTE – Índice de Acidentes

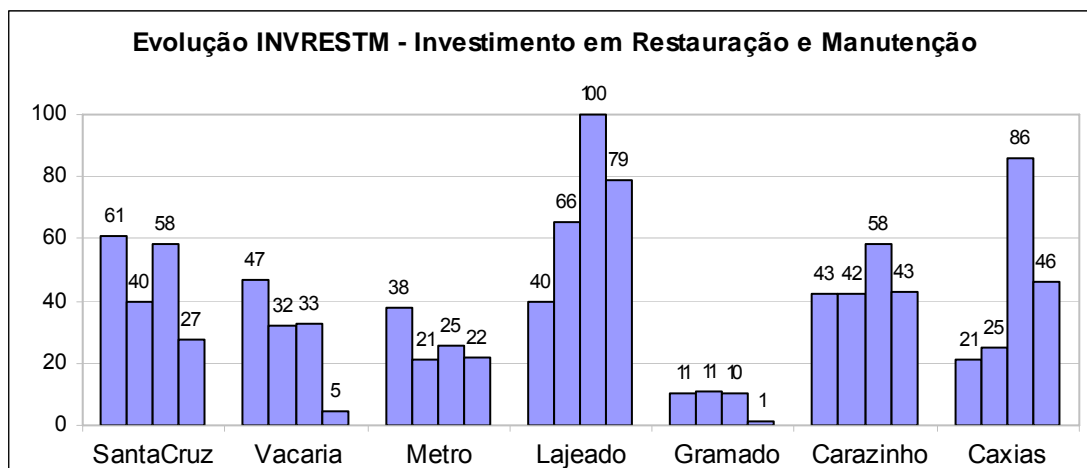


Figura 34 Evolução da INVRESTM – Investimentos em Restauração e Manutenção

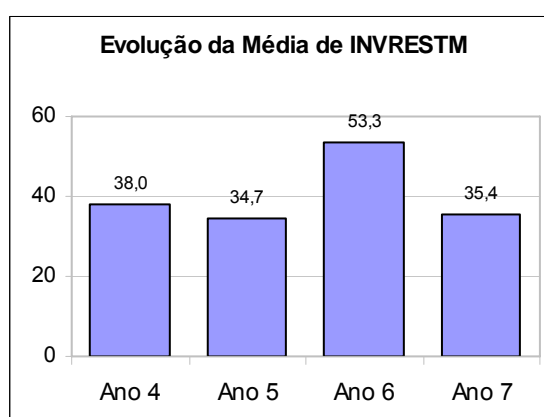


Figura 35 Evolução da média ponderada de INVRESTM

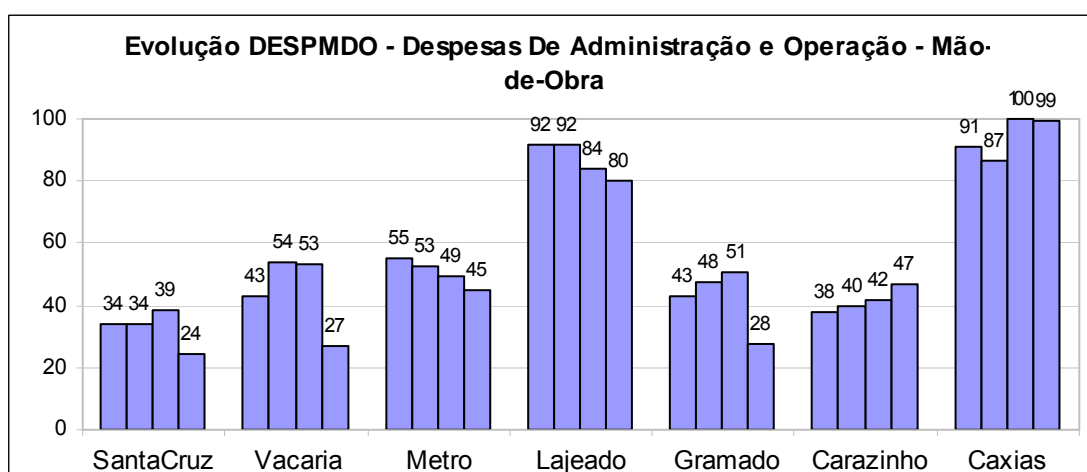


Figura 36 Evolução da DESPMDO – Despesas de Administração e Operação – Mão-de-Obra

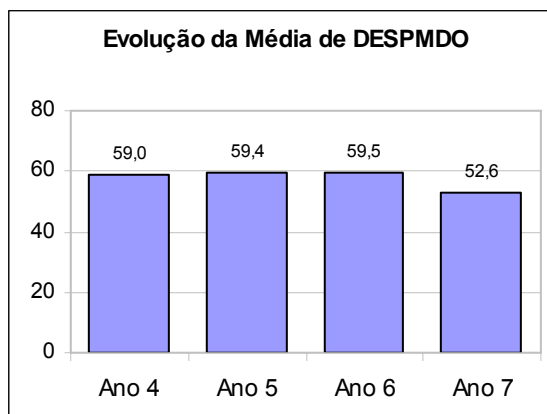


Figura 37 Evolução da média ponderada de DESPMDO

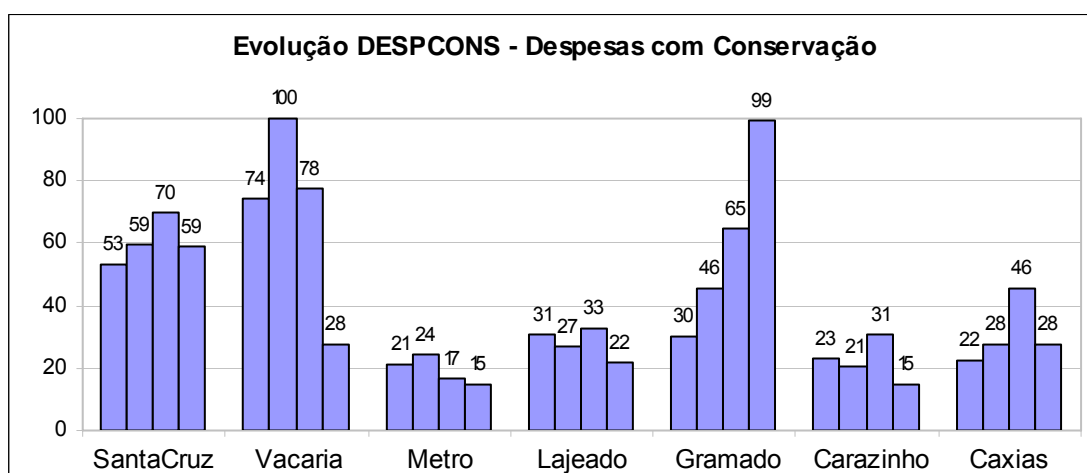


Figura 38 Evolução da DESPCONS – Despesas com Conservação

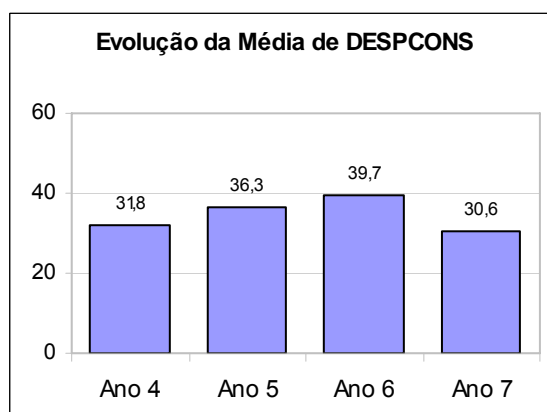


Figura 39 Evolução da média ponderada de DESPCONS

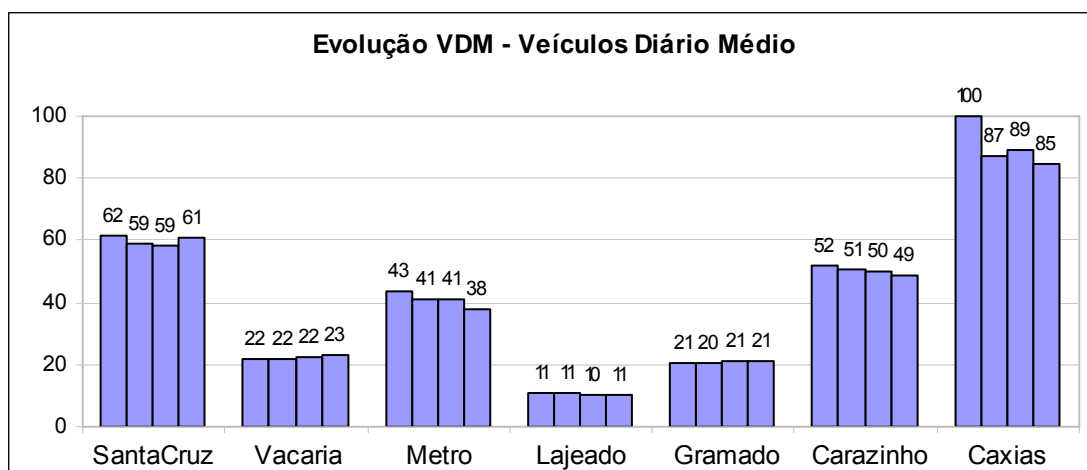


Figura 40 Evolução do VDM – Volume Diário Médio

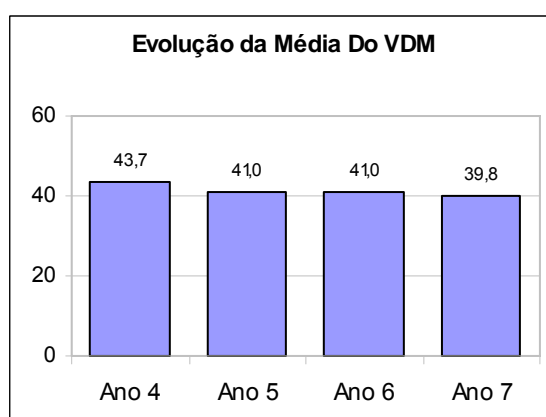


Figura 41 Evolução da média ponderada do VDM

APÊNDICE B – Diagramas de dispersão entre as variáveis utilizadas

Aqui são apresentadas as distribuições das observações para variáveis, de modo a facilitar a visualização da interação entre elas, conforme as figuras a seguir:

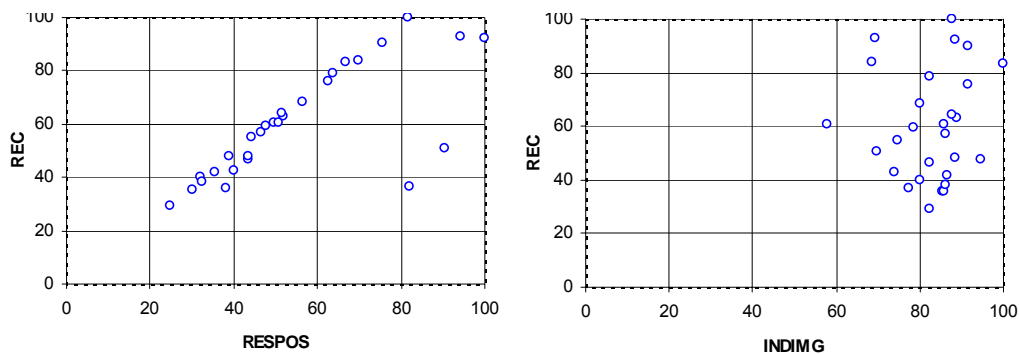


Figura 42 Variável produto REC em relação a RECPOS e INDIMG

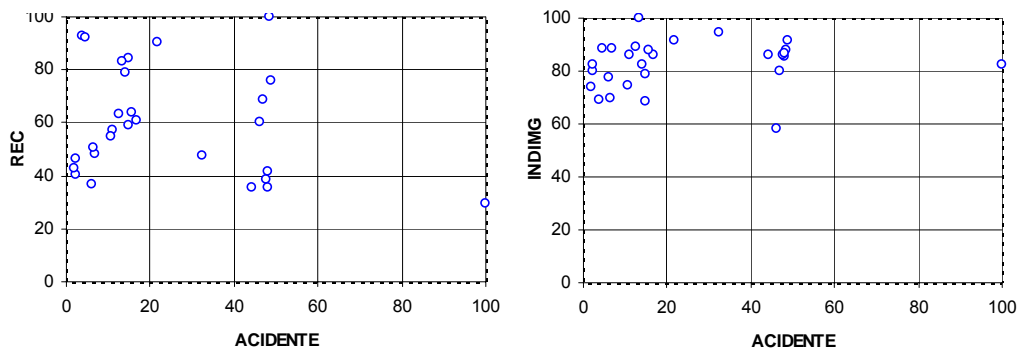


Figura 43 Variável produto REC e INDIMG em relação ao insumo ACIDENTE

Para o modelo Eficiência Empresarial (Modelo 1) é apresentada a relação entre REC e INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS.

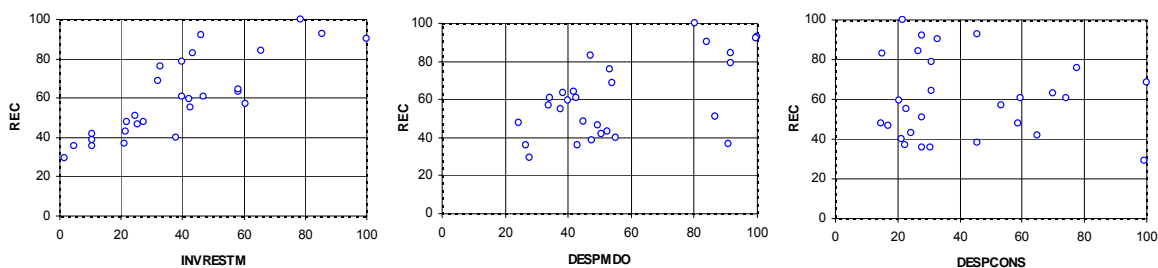


Figura 44 Variável produto REC em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS

Para o modelo Eficiência Empresarial - Hipotético (Modelo 2) é apresentada a relação entre REC e INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS.

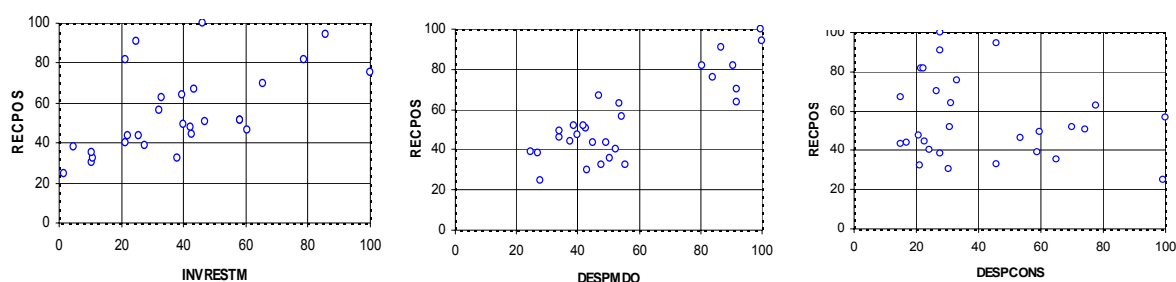


Figura 45 Variável produto RECPOS em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS

Para o modelo Eficiência Imagem (Modelo 3) é apresentada a relação entre INDIMG e INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS.

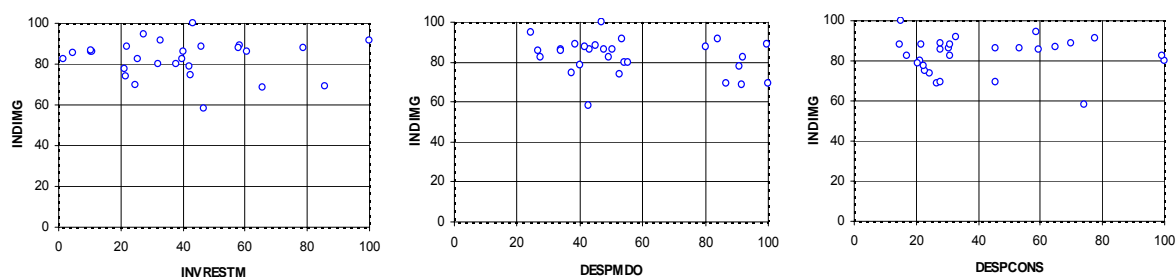


Figura 46 Variável produto INDIMG em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS

Para o modelo Eficiência Segurança (Modelo 4) é apresentada a relação entre INDIMG e INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS.

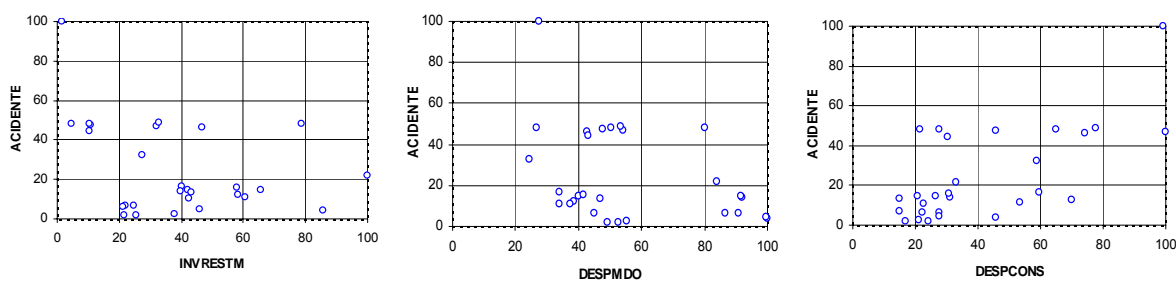
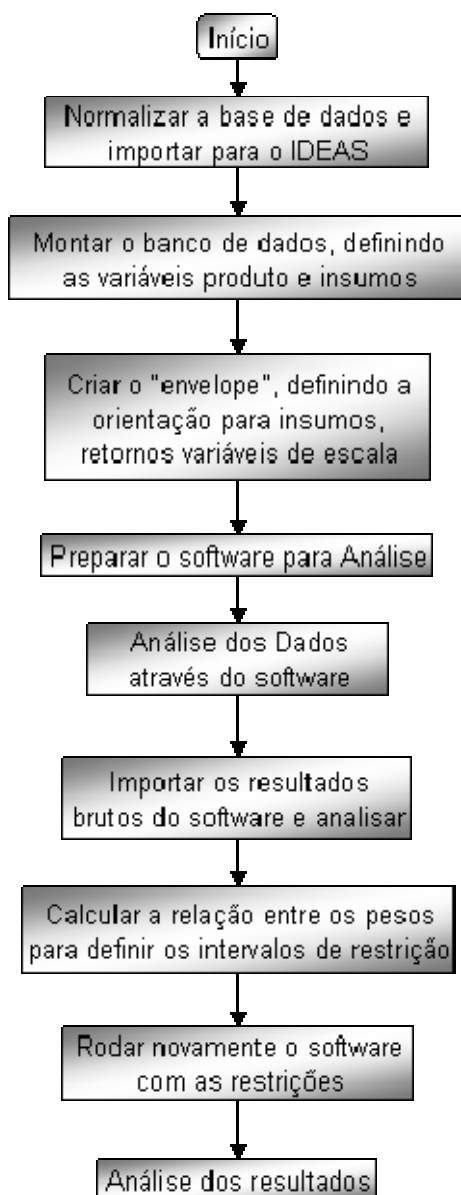


Figura 47 Variável produto ACIDENTE em relação aos insumos INVRESTM, DESPMDO e DESPCONS

APÊNDICE C – Fluxograma para entrada de dados no *software* IDEAS



APÊNDICE D – Escores de eficiência de cada unidade em cada modelo

Aqui são apresentados os escores de eficiência obtidos por cada unidade e em cada modelo.

Tabela 39 Escores de eficiência para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte	restrição muito forte
SANTA4	0,827	0,827	0,827	0,827	0,589
SANTA5	0,897	0,897	0,897	0,897	0,759
SANTA6	0,782	0,782	0,782	0,782	0,617
SANTA7	1,000	1,000	1,000	1,000	0,788
VACARIA4	0,722	0,722	0,722	0,722	0,624
VACARIA5	0,842	0,842	0,842	0,842	0,796
VACARIA6	1,000	1,000	1,000	1,000	0,933
VACARIA7	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO4	0,745	0,745	0,745	0,745	0,556
METRO5	0,755	0,755	0,755	0,755	0,672
METRO6	0,895	0,895	0,895	0,895	0,760
METRO7	1,000	1,000	1,000	1,000	0,872
LAJEADO4	0,913	0,913	0,913	0,913	0,771
LAJEADO5	0,654	0,654	0,654	0,654	0,635
LAJEADO6	0,630	0,630	0,630	0,630	0,642
LAJEADO7	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
GRAMADO4	0,766	0,766	0,766	0,766	0,705
GRAMADO5	0,616	0,616	0,616	0,616	0,603
GRAMADO6	0,746	0,746	0,746	0,746	0,655
GRAMADO7	1,000	1,000	1,000	1,000	0,812
CARAZINHO4	0,914	0,914	0,914	0,914	0,757
CARAZINHO5	0,935	0,935	0,935	0,935	0,799
CARAZINHO6	0,833	0,833	0,833	0,833	0,667
CARAZINHO7	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	0,581	0,581	0,581	0,581	0,448
CAXIAS5	0,610	0,610	0,610	0,610	0,570
CAXIAS6	0,680	0,680	0,680	0,680	0,703
CAXIAS7	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mínimo	0,581	0,581	0,581	0,581	0,448
Média	0,834	0,834	0,834	0,834	0,740

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte	restrição muito forte
Qtde Eficiente	8	8	8	8	4
Qtde Acima Média	14	14	14	14	14
% Eficiente	28,6%	28,6%	28,6%	28,6%	14,3%
% Acima Média	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%
Quartil Inferior	0,739	0,739	0,739	0,739	0,632
Mediana	0,838	0,838	0,838	0,838	0,731
Quartil Superior	1,000	1,000	1,000	1,000	0,802

Tabela 40 Escores de eficiência para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética)

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
SANTA4	0,868	0,868	0,868	0,868
SANTA5	0,937	0,937	0,937	0,937
SANTA6	0,851	0,851	0,851	0,851
SANTA7	1,000	1,000	1,000	1,000
VACARIA4	0,769	0,769	0,769	0,769
VACARIA5	0,491	0,693	0,693	0,693
VACARIA6	0,614	0,791	0,791	0,791
VACARIA7	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO4	0,634	0,657	0,635	0,635
METRO5	0,751	0,754	0,751	0,751
METRO6	0,891	0,893	0,891	0,891
METRO7	1,000	1,000	1,000	1,000
LAJEADO4	0,641	0,633	0,615	0,615
LAJEADO5	0,611	0,606	0,601	0,601
LAJEADO6	0,685	0,706	0,706	0,706
LAJEADO7	0,822	0,868	0,868	0,868
GRAMADO4	0,710	0,727	0,711	0,711
GRAMADO5	0,551	0,558	0,551	0,551
GRAMADO6	0,522	0,520	0,520	0,520
GRAMADO7	1,000	0,842	0,842	0,842
CARAZINHO4	0,767	0,820	0,816	0,816
CARAZINHO5	0,812	0,838	0,835	0,835
CARAZINHO6	0,830	0,830	0,830	0,830

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
CARAZINHO7	1,000	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	1,000	0,992	0,959	0,959
CAXIAS5	1,000	1,000	1,000	1,000
CAXIAS6	0,853	0,879	0,879	0,879
CAXIAS7	1,000	1,000	1,000	1,000
Mínimo	0,491	0,520	0,520	0,520
Média	0,808	0,823	0,819	0,819
Qtde Eficiente	8	6	6	6
Qtde Acima Média	16	16	16	16
% Eficiente	28,6%	21,4%	21,4%	21,4%
% Acima Média	57,1%	57,1%	57,1%	57,1%
Quartil Inferior	0,674	0,722	0,709	0,709
Mediana	0,826	0,840	0,839	0,839
Quartil Superior	1,000	0,951	0,943	0,943

Tabela 41 Escores de eficiência para o Modelo 3 – Eficiência Imagem

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
SANTA4	0,718	0,718	0,700	0,480
SANTA5	0,726	0,726	0,710	0,499
SANTA6	0,634	0,634	0,624	0,470
SANTA7	1,000	1,000	1,000	0,886
VACARIA4	0,552	0,552	0,531	0,250
VACARIA5	0,463	0,462	0,453	0,319
VACARIA6	0,602	0,602	0,540	0,508
VACARIA7	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO4	0,656	0,656	0,656	0,656
METRO5	0,664	0,664	0,664	0,664
METRO6	0,839	0,840	0,840	0,840
METRO7	1,000	1,000	1,000	1,000
LAJEADO4	0,469	0,469	0,469	0,469
LAJEADO5	0,376	0,377	0,377	0,377
LAJEADO6	0,415	0,423	0,423	0,423
LAJEADO7	0,487	0,489	0,489	0,489
GRAMADO4	0,786	0,786	0,786	0,786
GRAMADO5	0,648	0,648	0,599	0,599

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
GRAMADO6	0,646	0,646	0,524	0,512
GRAMADO7	1,000	0,959	0,835	0,498
CARAZINHO4	0,658	0,658	0,658	0,658
CARAZINHO5	0,704	0,705	0,705	0,705
CARAZINHO6	0,586	0,668	0,668	0,611
CARAZINHO7	1,000	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	0,555	0,555	0,555	0,555
CAXIAS5	0,471	0,472	0,472	0,472
CAXIAS6	0,283	0,283	0,283	0,283
CAXIAS7	0,485	0,487	0,487	0,487
Mínimo	0,283	0,283	0,283	0,250
Média	0,658	0,660	0,645	0,589
Qtde Eficiente	5	4	4	3
Qtde Acima Média	11	12	14	12
% Eficiente	17,9%	14,3%	14,3%	10,7%
% Acima Média	39,3%	42,9%	50,0%	42,9%
Quartil Inferior	0,486	0,488	0,488	0,471
Mediana	0,647	0,652	0,640	0,510
Quartil Superior	0,741	0,741	0,729	0,674

Tabela 42 Escores de eficiência para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
SANTA4	0,804	0,810	0,805	0,805
SANTA5	0,776	0,778	0,776	0,776
SANTA6	0,696	0,699	0,696	0,696
SANTA7	1,000	1,000	1,000	1,000
VACARIA4	0,587	0,587	0,582	0,582
VACARIA5	0,471	0,470	0,467	0,467
VACARIA6	0,484	0,484	0,481	0,481
VACARIA7	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO4	0,838	0,845	0,841	0,841
METRO5	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO6	1,000	1,000	1,000	1,000
METRO7	1,000	1,000	1,000	1,000
LAJEADO4	0,496	0,496	0,500	0,485
LAJEADO5	0,519	0,519	0,498	0,498

UNIDADE	sem restrições	restrição leve	restrição média	restrição forte
LAJEADO6	0,466	0,488	0,466	0,466
LAJEADO7	0,604	0,604	0,558	0,558
GRAMADO4	0,802	0,802	0,804	0,781
GRAMADO5	0,587	0,589	0,587	0,587
GRAMADO6	0,524	0,524	0,523	0,523
GRAMADO7	1,000	0,877	0,864	0,864
CARAZINHO4	0,907	0,930	0,907	0,907
CARAZINHO5	0,906	0,935	0,906	0,906
CARAZINHO6	0,731	0,756	0,731	0,731
CARAZINHO7	0,920	0,942	0,911	0,911
CAXIAS4	0,778	0,778	0,776	0,655
CAXIAS5	0,664	0,664	0,663	0,590
CAXIAS6	0,408	0,414	0,408	0,408
CAXIAS7	0,538	0,538	0,527	0,527
Mínimo	0,408	0,414	0,408	0,408
Média	0,732	0,733	0,724	0,716
Qtde Eficiente	6	5	5	5
Qtde Acima Média	14	15	15	14
% Eficiente	21,4%	17,9%	17,9%	17,9%
% Acima Média	50,0%	53,6%	53,6%	50,0%
Quartil Inferior	0,535	0,534	0,526	0,526
Mediana	0,753	0,767	0,754	0,714
Quartil Superior	0,910	0,932	0,907	0,907

APÊNDICE E – Principais referências para unidades ineficientes

Aqui são apresentadas as tabelas com as unidades eficientes que servem de referência para as demais unidades ineficientes. É apresentado o nome da unidade referência e o percentual que corresponde a parcela de eficiência.

Tabela 43 Unidades Referência para o Modelo 1 – Eficiência Empresarial

DMU	Sem Restrição	Restrição Muito Forte
SANTA4	CARA7 0,26325 SANTA7 0,73675	CARA7 0,45020 VACARIA7 0,54980
SANTA5	CARA7 0,36271 SANTA7 0,63729	CARA7 0,52442 VACARIA7 0,47558
SANTA6	CARA7 0,43525 SANTA7 0,56475	CARA7 0,57856 VACARIA7 0,42144
SANTA7	SANTA7 1,00000	CARA7 0,25375 VACARIA7 0,74625
VACARIA4	CARA7 0,36016 SANTA7 0,63984	CARA7 0,52252 VACARIA7 0,47748
VACARIA5	VACARIA7 0,19856 VACARIA6 0,71648 CARA7 0,08496	VACARIA7 0,30810 CARA7 0,69190
VACARIA6	VACARIA6 1,00000	VACARIA7 0,15289 CARA7 0,84711
VACARIA7	VACARIA7 1,00000	VACARIA7 1,00000
METRO4	VACARIA7 0,11241 METRO7 0,88759	VACARIA7 0,90865 CARA7 0,09135
METRO5	VACARIA7 0,31006 METRO7 0,68994	VACARIA7 0,85092 CARA7 0,14908
METRO6	VACARIA7 0,02303 METRO7 0,97697	VACARIA7 0,77437 CARA7 0,22563
METRO7	METRO7 1,00000	VACARIA7 0,73948 CARA7 0,26052
LAJEADO4	VACARIA7 0,23171 CAXIAS7 0,75430 VACARIA6 0,01399	CARA7 0,91034 VACARIA7 0,08966
LAJEADO5	VACARIA7 0,01386 CAXIAS7 0,18204 CARA7 0,80410	CAXIAS7 0,10951 CARA7 0,89049
LAJEADO6	LAJEADO7 0,41711 CARA7 0,58289	CARA7 0,58289 LAJEADO7 0,41711
LAJEADO7	LAJEADO7 1,00000	LAJEADO7 1,00000
GRAMADO4	VACARIA7 0,76897 METRO7 0,23103	VACARIA7 1,00000
GRAMADO5	VACARIA7 0,94924 VACARIA6 0,00854 CARA7 0,01334 CAXIAS7 0,02889	VACARIA7 0,94502 CARA7 0,05498
GRAMADO6	VACARIA6 0,14753 VACARIA7 0,85247	VACARIA7 0,87503 CARA7 0,12497
GRAMADO7	GRAMADO7 1,00000	VACARIA7 1,00000
CARAZINHO4	METRO7 0,07309 VACARIA7 0,53910 CARA7 0,38781	VACARIA7 0,59315 CARA7 0,40685
CARAZINHO5	METRO7 0,14840 VACARIA7 0,39354 CARA7 0,45806	VACARIA7 0,50328 CARA7 0,49672
CARAZINHO6	VACARIA7 0,23754 SANTA7 0,21782 CARA7 0,54464	CARA7 0,59992 VACARIA7 0,40008
CARAZINHO7	CARA7 1,00000	CARA7 1,00000
CAXIAS4	VACARIA7 0,26787 METRO7 0,73213	CARA7 0,01945 VACARIA7 0,98055

DMU	Sem Restrição	Restrição Muito Forte
CAXIAS5	METRO7 0,27315 VACARIA7 0,48209 CARA7 0,24476	VACARIA7 0,68408 CARA7 0,31592
CAXIAS6	CARA7 0,35800 LAJEADO7 0,49258 CAXIAS7 0,14943	CAXIAS7 0,20341 LAJEADO7 0,46378 CARA7 0,33280
CAXIAS7	CAXIAS7 1,00000	CAXIAS7 1,00000

Tabela 44 Unidades Referência para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (Hipotética)

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
SANTA4	CARAZINHO 0,26403 SANTA7 0,73597	SANTA7 0,70778 VACARIA7 0,02740 CARAZINHO7 0,26483
SANTA5	CARAZINHO 0,37374 SANTA7 0,62626	SANTA7 0,62626 CARAZINHO7 0,37374
SANTA6	CARAZINHO 0,45612 SANTA7 0,54388	CARAZINHO7 0,45612 SANTA7 0,54388
SANTA7	SANTA7 1,00000	SANTA7 1,00000
VACARIA4	CARAZINHO 0,41511 SANTA7 0,58489	CARAZINHO7 0,41511 SANTA7 0,58489
VACARIA5	VACARIA7 0,43332 CAXIAS5 0,09218 CARAZINHO 0,47450	VACARIA7 0,35687 CARAZINHO7 0,64313
VACARIA6	VACARIA7 0,28081 CAXIAS5 0,16157 CARAZINHO 0,55762	VACARIA7 0,14680 CARAZINHO7 0,85320
VACARIA7	VACARIA7 1,00000	VACARIA7 1,00000
METRO4	VACARIA7 0,11241 METRO7 0,88759	VACARIA7 1,00000
METRO5	VACARIA7 0,31006 METRO7 0,68994	VACARIA7 0,63619 METRO7 0,36381
METRO6	CARAZINHO 0,00952 VACARIA7 0,02331 METRO7 0,96717	VACARIA7 0,05137 CARAZINHO7 0,01583 METRO7 0,93280
METRO7	METRO7 1,00000	METRO7 1,00000
LAJEADO4	CAXIAS4 0,35974 CARAZINHO 0,31942 VACARIA7 0,17650 METRO7 0,14433	VACARIA7 0,20173 CAXIAS5 0,11679 CARAZINHO7 0,68148
LAJEADO5	CARAZINHO 0,83695 CAXIAS7 0,03504 CAXIAS4 0,12800	CAXIAS5 0,13021 CARAZINHO7 0,86979
LAJEADO6	CAXIAS7 0,26562 CARAZINHO 0,73438	CARAZINHO7 0,73438 CAXIAS7 0,26562
LAJEADO7	CAXIAS7 0,45125 CARAZINHO 0,54875	CAXIAS7 0,45125 CARAZINHO7 0,54875
GRAMADO4	VACARIA7 0,76897 METRO7 0,23103	VACARIA7 1,00000
GRAMADO5	VACARIA7 0,92628 METRO7 0,07372	VACARIA7 1,00000
GRAMADO6	SANTA7 0,03864 VACARIA7 0,96136	VACARIA7 1,00000
GRAMADO7	GRAMADO7 1,00000	VACARIA7 1,00000
CARAZINHO4	METRO7 0,32167 VACARIA7 0,52799 CARAZINHO 0,15034	VACARIA7 0,79063 CARAZINHO7 0,20937

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
CARAZINHO5	METRO7 0,34795 VACARIA7 0,38560 CARAZINHO 0,26645	VACARIA7 0,66970 CARAZINHO7 0,33030
CARAZINHO6	VACARIA7 0,38853 SANTA7 0,14835 CARAZINHO 0,46312	SANTA7 0,12094 VACARIA7 0,41516 CARAZINHO7 0,46390
CARAZINHO7	CARAZINHO 1,00000	CARAZINHO7 1,00000
CAXIAS4	CAXIAS4 1,00000	CARAZINHO7 0,36494 CAXIAS5 0,63506
CAXIAS5	CAXIAS5 1,00000	CAXIAS5 1,00000
CAXIAS6	CAXIAS7 0,82523 CARAZINHO 0,17477	CARAZINHO7 0,17477 CAXIAS7 0,82523
CAXIAS7	CAXIAS7 1,00000	CAXIAS7 1,00000

Tabela 45 Unidades Referência para o Modelo 3 – Eficiência de Imagem

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
SANTA4	SANTA7 0,41785 VACARIA7 0,58215	CARAZINHO7 0,06366 VACARIA7 0,93634
SANTA5	SANTA7 0,54013 VACARIA7 0,45987	CARAZINHO7 0,03080 VACARIA7 0,96920
SANTA6	SANTA7 0,58988 VACARIA7 0,41012	VACARIA7 0,75359 CARAZINHO7 0,24641
SANTA7	SANTA7 1,00000	VACARIA7 0,37782 CARAZINHO7 0,62218
VACARIA4	SANTA7 0,53380 VACARIA7 0,46620	VACARIA7 1,00000
VACARIA5	VACARIA7 0,53537 SANTA7 0,46463	VACARIA7 1,00000
VACARIA6	SANTA7 0,64327 CARAZINHO7 0,02140 VACARIA7 0,33533	VACARIA7 0,57837 CARAZINHO7 0,42163
VACARIA7	VACARIA7 1,00000	VACARIA7 1,00000
METRO4	VACARIA7 0,11241 METRO7 0,88759	VACARIA7 1,00000
METRO5	METRO7 0,68994 VACARIA7 0,31006	VACARIA7 1,00000
METRO6	VACARIA7 0,02303 METRO7 0,97697	VACARIA7 1,00000
METRO7	METRO7 1,00000	METRO7 1,00000
LAJEADO4	VACARIA7 0,08972 METRO7 0,91028	VACARIA7 1,00000
LAJEADO5	METRO7 1,00000	VACARIA7 1,00000
LAJEADO6	VACARIA7 0,15034 CARAZINHO7 0,32829 METRO7 0,52137	VACARIA7 0,56537 CARAZINHO7 0,43463
LAJEADO7	METRO7 1,00000	METRO7 0,64542 CARAZINHO7 0,03947 VACARIA7 0,31511
GRAMADO4	METRO7 0,23103 VACARIA7 0,76897	VACARIA7 0,80201 METRO7 0,19799
GRAMADO5	SANTA7 0,08358 CARAZINHO7 0,01439 VACARIA7 0,90203	VACARIA7 0,93361 CARAZINHO7 0,06639
GRAMADO6	SANTA7 0,12981 VACARIA7 0,87019	CARAZINHO7 0,08077 VACARIA7

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
		0,91923
GRAMADO7	GRAMADO7 1,00000	VACARIA7 1,00000
CARAZINHO4	VACARIA7 0,52095 METRO7 0,47905	VACARIA7 1,00000
CARAZINHO5	VACARIA7 0,37455 METRO7 0,62545	VACARIA7 1,00000
CARAZINHO6	VACARIA7 0,70284 CARAZINHO7 0,13624 METRO7 0,16092	CARAZINHO7 0,16906 VACARIA7 0,83094
CARAZINHO7	CARAZINHO7 1,00000	CARAZINHO7 1,00000
CAXIAS4	VACARIA7 0,26787 METRO7 0,73213	VACARIA7 1,00000
CAXIAS5	VACARIA7 0,30392 METRO7 0,69608	VACARIA7 1,00000
CAXIAS6	VACARIA7 0,26675 METRO7 0,73325	VACARIA7 1,00000
CAXIAS7	CARAZINHO7 0,02322 METRO7 0,97678	METRO7 0,97678 CARAZINHO7 0,02322

Tabela 46 Unidades Referência para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
SANTA4	VACARIA7 0,25561 SANTA7 0,60547 METRO6 0,13891	VACARIA7 0,32089 METRO6 0,14038 SANTA7 0,53873
SANTA5	VACARIA7 0,28311 SANTA7 0,64453 METRO6 0,07236	VACARIA7 0,30976 METRO6 0,07296 SANTA7 0,61728
SANTA6	VACARIA7 0,12603 SANTA7 0,75943 METRO6 0,11454	VACARIA7 0,16996 METRO6 0,11553 SANTA7 0,71451
SANTA7	SANTA7 1,00000	SANTA7 1,00000
VACARIA4	SANTA7 0,53380 VACARIA7 0,46620	SANTA7 0,08173 VACARIA7 0,91827
VACARIA5	SANTA7 0,46463 VACARIA7 0,53537	VACARIA7 0,96154 SANTA7 0,03846
VACARIA6	SANTA7 0,32323 VACARIA7 0,67677	VACARIA7 1,00000
VACARIA7	VACARIA7 1,00000	VACARIA7 1,00000
METRO4	METRO7 0,01991 VACARIA7 0,10078 METRO6 0,87931	METRO6 0,88493 VACARIA7 0,11507
METRO5	METRO5 1,00000	METRO5 1,00000
METRO6	METRO6 1,00000	METRO6 1,00000
METRO7	METRO7 1,00000	METRO7 1,00000
LAJEADO4	VACARIA7 0,08972 METRO7 0,91028	VACARIA7 0,05033 METRO7 0,94967
LAJEADO5	METRO7 1,00000	METRO7 1,00000
LAJEADO6	VACARIA7 0,13955 METRO7 0,86045	VACARIA7 0,26473 METRO7 0,73527
LAJEADO7	METRO7 1,00000	METRO7 1,00000
GRAMADO4	METRO7 0,23103 VACARIA7 0,76897	METRO7 0,29444 VACARIA7 0,70556
GRAMADO5	VACARIA7 0,92628 METRO7 0,07372	VACARIA7 0,92739 METRO7 0,07261
GRAMADO6	VACARIA7 0,96136 SANTA7 0,03864	VACARIA7 1,00000
GRAMADO7	GRAMADO7 1,00000	VACARIA7 1,00000

DMU	Sem Restrição	Restrição Forte
CARAZINHO4	METRO7 0,43929 VACARIA7 0,52217 METRO6 0,03854	METRO7 0,30745 METRO6 0,07575 VACARIA7 0,61679
CARAZINHO5	VACARIA7 0,37455 METRO7 0,62545	VACARIA7 0,46597 METRO7 0,53403
CARAZINHO6	METRO7 0,29125 VACARIA7 0,69623 METRO6 0,01251	METRO6 0,05579 VACARIA7 0,80628 METRO7 0,13793
CARAZINHO7	METRO7 1,00000	VACARIA7 0,05850 METRO7 0,94150
CAXIAS4	METRO7 0,58140 VACARIA7 0,27555 METRO6 0,14306	METRO7 0,96531 METRO6 0,03469
CAXIAS5	VACARIA7 0,31214 METRO6 0,13958 METRO7 0,54828	METRO6 0,05957 VACARIA7 0,10869 METRO7 0,83174
CAXIAS6	METRO7 0,31457 VACARIA7 0,26829 METRO6 0,41714	VACARIA7 0,33569 METRO6 0,44365 METRO7 0,22067
CAXIAS7	METRO6 0,19649 METRO7 0,80351	METRO7 0,80351 METRO6 0,19649

APÊNDICE F – Considerações em relação aos Retornos de Escala

Aqui são apresentadas as tabelas com a situação de cada unidade e de cada modelo.

Tabela 47 Retornos de Escala para o Modelo 1 – eficiência Empresarial

DMU	Sem Restrição	Restrição leve	Restrição média	Restrição forte	Restrição Muito Forte
SANTA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
SANTA5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
SANTA6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
SANTA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
VACARIA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
VACARIA5	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
VACARIA6	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
VACARIA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
METRO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO4	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
LAJEADO5	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
LAJEADO6	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
LAJEADO7	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
GRAMADO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO5	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
GRAMADO6	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
CARAZINHO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
CAXIAS4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente	creciente
CAXIAS6	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
CAXIAS7	creciente	creciente	creciente	creciente	creciente
creciente	10	10	10	10	19
decrésciente	18	18	18	18	9

Tabela 48 Retornos de Escala para o Modelo 2 – Eficiência Empresarial (hipotético)

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA4	crescente	crescente	crescente	crescente
SANTA5	crescente	crescente	crescente	crescente
SANTA6	crescente	crescente	crescente	crescente
SANTA7	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA4	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA5	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA6	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO5	crescente	crescente	crescente	crescente
LAJEADO6	crescente	crescente	crescente	crescente
LAJEADO7	crescente	crescente	crescente	crescente
GRAMADO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO6	crescente	crescente	crescente	crescente
CARAZINHO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS4	decrésciente	crescente	crescente	crescente
CAXIAS5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS6	crescente	crescente	crescente	crescente
CAXIAS7	crescente	crescente	crescente	crescente
crescente	13	14	14	14
decrésciente	15	14	14	14

Tabela 49 Retornos de Escala para o Modelo 3 – Eficiência Imagem

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
SANTA5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
SANTA6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA7	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
VACARIA5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
VACARIA6	crescente	crescente	crescente	crescente
VACARIA7	crescente	decrésciente	decrésciente	crescente
METRO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
METRO7	crescente	crescente	crescente	crescente
LAJEADO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
LAJEADO6	crescente	crescente	crescente	crescente
LAJEADO7	decrésciente	crescente	crescente	crescente
GRAMADO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
GRAMADO5	crescente	crescente	crescente	crescente
GRAMADO6	crescente	crescente	decrésciente	crescente
GRAMADO7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	crescente
CARAZINHO4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CARAZINHO6	crescente	crescente	crescente	crescente
CARAZINHO7	crescente	crescente	crescente	crescente
CAXIAS4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
CAXIAS7	crescente	crescente	crescente	crescente
Crescente	10	10	9	17
Decrésciente	18	18	19	11

Tabela 50 Retornos de Escala para o Modelo 4 – Eficiência de Segurança

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
SANTA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
SANTA5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
SANTA6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
SANTA7	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
VACARIA4	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
VACARIA5	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente
VACARIA6	decrésciente	decrésciente	decrésciente	decrésciente

DMU	Sem Restrição	Restrição Leve	Restrição Média	Restrição Forte
VACARIA7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
METRO4	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
METRO5	decrecente	crescente	crescente	crescente
METRO6	decrecente	decrecente	crescente	crescente
METRO7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
LAJEADO4	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
LAJEADO5	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
LAJEADO6	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
LAJEADO7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
GRAMADO4	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
GRAMADO5	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
GRAMADO6	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
GRAMADO7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CARAZINHO4	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CARAZINHO5	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CARAZINHO6	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CARAZINHO7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CAXIAS4	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CAXIAS5	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CAXIAS6	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
CAXIAS7	decrecente	decrecente	decrecente	decrecente
Crescente	0	1	2	2
Decrescente	28	27	26	26

APÊNDICE G – Planilhas dos Pesos atribuídos a cada unidade em cada modelo e Restrições de Pesos

Aqui são apresentadas as planilhas com o resultado dos pesos atribuídos a cada unidade e em cada modelo. Primeiramente são listados os dados sem restrição aos pesos e a seguir os dados das rodadas com as restrições crescentes.

Tabela 51 Pesos do Modelo 1 - VRS - Sem restrições

DMU (Pólo e Ano)	REC	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
SANTA5	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
SANTA6	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
SANTA7	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
VACARIA4	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
VACARIA5	10,78	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
VACARIA6	10,78	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
VACARIA7	10,25	12,37	1,00	1,00	12,371	12,371	1,000
METRO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO5	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO6	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO7	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
LAJEADO4	10,78	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
LAJEADO5	11,62	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
LAJEADO6	17,87	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
LAJEADO7	4,43	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
GRAMADO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
GRAMADO5	10,78	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
GRAMADO6	10,78	12,99	1,05	1,00	12,371	12,989	1,050
GRAMADO7	1,00	12,99	4,32	1,00	3,008	12,989	4,318
CARAZINHO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CARAZINHO5	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CARAZINHO6	5,10	4,32	4,32	1,00	1,000	4,318	4,318
CARAZINHO7	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CAXIAS5	10,25	12,37	1,00	1,00	12,371	12,371	1,000
CAXIAS6	29,62	9,95	4,32	1,00	2,305	9,951	4,318
CAXIAS7	8,08	2,75	1,00	1,00	2,747	2,747	1,000
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000

DMU (Pólo e Ano)	REC	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
Máximo	29,62	12,99	4,32	1,03	12,371	12,989	4,318
Mediana	5,10	4,32	1,05	1,00	1,000	4,318	1,050
Média	6,67	6,03	2,09	1,01	4,430	6,021	2,077
Desvio Padrão	6,47	5,15	1,57	0,01	5,142	5,161	1,571
Coefic. Variação	0,97	0,85	0,75	0,01	1,161	0,857	0,756

Obs: Coeficiente de Variação (CV) – é interpretado como a variabilidade dos dados em relação à média. Quanto menor o CV mais homogêneo é o conjunto de dados. Um CV é considerado baixo (indicando um conjunto de dados razoavelmente homogêneo) quando for menor ou igual a 25%. Entretanto, esse padrão varia de acordo com a aplicação (UFPR, 2006).

Tabela 52 Pesos do Modelo 1 - VRS – Com Restrição Muito Forte

DMU (Pólo e Ano)	REC	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
SANTA5	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
SANTA6	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
SANTA7	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
VACARIA4	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
VACARIA5	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
VACARIA6	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
VACARIA7	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
METRO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO5	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO6	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
METRO7	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
LAJEADO4	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
LAJEADO5	28,34	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
LAJEADO6	16,55	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
LAJEADO7	4,43	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
GRAMADO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
GRAMADO5	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
GRAMADO6	11,15	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
GRAMADO7	1,00	11,90	3,99	1,00	2,982	11,901	3,991
CARAZINHO4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CARAZINHO5	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CARAZINHO6	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
CARAZINHO7	2,59	2,98	1,00	1,00	2,982	2,982	1,000

DMU (Pólo e Ano)	REC	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
CAXIAS4	1,00	1,03	1,03	1,03	1,000	1,000	1,000
CAXIAS5	2,59	2,98	1,00	1,00	2,982	2,982	1,000
CAXIAS6	27,50	9,24	3,99	1,00	2,316	9,241	3,991
CAXIAS7	8,08	2,75	1,00	1,00	2,747	2,747	1,000
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
Máximo	28,34	11,90	3,99	1,03	2,982	11,901	3,991
Mediana	4,69	3,99	3,99	1,00	1,000	3,991	3,991
Média	6,93	5,37	2,72	1,01	1,817	5,361	2,709
Desvio Padrão	7,38	4,55	1,50	0,01	0,969	4,553	1,507
Coefic. Variação	1,07	0,85	0,55	0,01	0,533	0,849	0,556

Tabela 53 Pesos do Modelo 2 - VRS – Sem Restrições

DMU (Pólo e Ano)	RECPOS	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
SANTA5	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
SANTA6	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
SANTA7	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
VACARIA4	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
VACARIA5	1,00	1,19	1,00	0,839	1,000	1,192	1,00
VACARIA6	1,00	1,19	1,00	0,839	1,000	1,192	1,00
VACARIA7	1,00	1,00	1,19	1,000	0,842	0,842	1,00
METRO4	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430	1,00
METRO5	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430	1,00
METRO6	1,00	1,00	2,32	1,000	0,432	0,432	1,00
METRO7	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430	1,00
LAJEADO4	1,82	1,00	3,11	1,819	0,585	0,322	1,82
LAJEADO5	1,34	1,00	7,04	1,342	0,191	0,142	1,34
LAJEADO6	1,00	8,26	1,00	0,121	1,000	8,260	1,00
LAJEADO7	1,00	1,00	5,10	1,000	0,196	0,196	1,00
GRAMADO4	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430	1,00
GRAMADO5	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430	1,00
GRAMADO6	1,00	22,99	1,00	0,044	1,000	22,987	1,00
GRAMADO7	26,42	1,00	1,00	26,418	26,418	1,000	26,42
CARAZINHO4	1,00	1,00	2,32	1,000	0,432	0,432	1,00
CARAZINHO5	1,00	1,00	2,32	1,000	0,432	0,432	1,00

DMU (Pólo e Ano)	RECPOS	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
CARAZINHO6	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430	1,00
CARAZINHO7	1,00	1,00	1,19	1,000	0,842	0,842	1,00
CAXIAS4	1,64	1,00	2,58	1,643	0,637	0,387	1,64
CAXIAS5	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000	1,00
CAXIAS6	1,00	8,26	1,00	0,121	1,000	8,260	1,00
CAXIAS7	1,00	1,00	5,10	1,000	0,196	0,196	1,00
Mínimo	1,00	1,00	1,00	0,044	0,191	0,142	1,00
Máximo	26,42	22,99	7,04	26,418	26,418	22,987	26,42
Mediana	1,00	1,00	1,19	1,000	0,842	0,842	1,00
Média	1,97	6,05	2,03	1,661	1,620	5,744	1,97
Desvio Padrão	4,80	7,93	1,51	4,880	4,869	8,135	4,80
Coeffic. Variação	2,43	1,31	0,74	2,938	3,006	1,416	2,43

Tabela 54 Pesos do Modelo 2 - VRS – Com Restrição Forte

DMU (Pólo e Ano)	RECPOS	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	14,00	1,00	18,52	1,01	0,054	0,992	18,369
SANTA5	14,00	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
SANTA6	14,00	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
SANTA7	13,94	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430
VACARIA4	14,00	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
VACARIA5	13,94	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430
VACARIA6	13,94	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430
VACARIA7	1,00	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430
METRO4	1,00	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
METRO5	1,00	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
METRO6	1,02	1,00	1,01	2,33	0,994	0,430	0,433
METRO7	1,00	1,00	1,00	2,32	1,000	0,430	0,430
LAJEADO4	1,52	1,00	1,00	1,19	1,000	0,842	0,842
LAJEADO5	2,13	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
LAJEADO6	29,79	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
LAJEADO7	30,30	1,00	18,52	2,33	0,054	0,430	7,963
GRAMADO4	1,00	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
GRAMADO5	1,00	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
GRAMADO6	1,00	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
GRAMADO7	1,00	1,00	18,43	1,00	0,054	1,000	18,430

DMU (Pólo e Ano)	RECPOS	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
CARAZINHO4	13,41	1,00	18,52	2,33	0,054	0,430	7,963
CARAZINHO5	13,41	1,00	18,52	2,33	0,054	0,430	7,963
CARAZINHO6	14,00	1,00	18,52	1,01	0,054	0,992	18,369
CARAZINHO7	1,52	1,00	1,00	1,19	1,000	0,842	0,842
CAXIAS4	2,13	1,00	1,00	2,33	1,000	0,430	0,430
CAXIAS5	1,52	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
CAXIAS6	29,79	1,00	18,52	1,00	0,054	0,995	18,430
CAXIAS7	3,64	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,054	0,430	0,430
Máximo	30,30	1,00	18,52	2,33	1,000	1,000	18,430
Mediana	2,89	1,00	18,43	1,01	0,054	0,992	7,963
Média	8,93	1,00	11,00	1,54	0,459	0,763	9,660
Desvio Padrão	9,47	0,00	8,81	0,65	0,476	0,276	8,592
Coeffic. Variação	1,06	0,00	0,80	0,42	1,037	0,361	0,889

Tabela 55 Pesos do Modelo 3 - VRS – Sem Restrições

DMU (Pólo e Ano)	INDIMG	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	1,00	1,00	19,39	1,00	0,052	1,000	19,387
SANTA5	1,00	1,00	19,39	1,00	0,052	1,000	19,387
SANTA6	1,00	1,00	19,39	1,00	0,052	1,000	19,387
SANTA7	5,27	1,00	2,53	1,00	0,396	1,000	2,527
VACARIA4	1,00	1,00	19,39	1,00	0,052	1,000	19,387
VACARIA5	1,00	1,00	19,39	1,00	0,052	1,000	19,387
VACARIA6	51,38	19,26	1,00	1,00	19,256	19,256	1,000
VACARIA7	3,15	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
METRO4	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
METRO5	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
METRO6	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
METRO7	2,04	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
LAJEADO4	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
LAJEADO5	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
LAJEADO6	2,04	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
LAJEADO7	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
GRAMADO4	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
GRAMADO5	51,38	19,26	1,00	1,00	19,256	19,256	1,000

DMU (Pólo e Ano)	INDIMG	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
GRAMADO6	51,38	19,26	1,00	1,00	19,256	19,256	1,000
GRAMADO7	1,00	23,20	1,00	1,00	23,198	23,198	1,000
CARAZINHO4	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
CARAZINHO5	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
CARAZINHO6	2,04	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
CARAZINHO7	3,15	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
CAXIAS5	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
CAXIAS6	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
CAXIAS7	2,04	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,052	0,400	0,400
Máximo	51,38	23,20	19,39	2,50	23,198	23,198	19,387
Mediana	1,00	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
Média	6,85	3,75	4,34	1,82	3,558	3,412	4,001
Desvio Padrão	15,74	6,89	7,15	0,73	6,977	7,032	7,318
Coefic. Variação	2,30	1,84	1,65	0,40	1,961	2,061	1,829

Tabela 56 Pesos do Modelo 3 - VRS – Com Restrição Forte

DMU (Pólo e Ano)	INDIMG	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	2,62	1,00	1,57	2,50	0,637	0,400	0,628
SANTA5	3,94	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
SANTA6	3,94	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
SANTA7	3,94	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
VACARIA4	1,00	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
VACARIA5	1,00	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
VACARIA6	3,94	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
VACARIA7	1,00	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
METRO4	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
METRO5	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
METRO6	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
METRO7	2,04	1,00	1,00	2,26	1,000	0,443	0,443
LAJEADO4	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
LAJEADO5	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
LAJEADO6	2,62	1,00	1,57	2,50	0,637	0,400	0,628
LAJEADO7	2,08	1,00	1,18	2,50	0,849	0,400	0,471

DMU (Pólo e Ano)	INDIMG	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
GRAMADO4	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
GRAMADO5	3,15	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
GRAMADO6	3,94	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
GRAMADO7	1,00	1,00	1,57	1,00	0,637	1,000	1,570
CARAZINHO4	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
CARAZINHO5	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
CARAZINHO6	2,62	1,00	1,57	2,50	0,637	0,400	0,628
CARAZINHO7	3,15	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
CAXIAS4	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
CAXIAS5	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
CAXIAS6	1,00	1,00	1,00	2,51	1,000	0,400	0,400
CAXIAS7	2,05	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,400
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,637	0,400	0,400
Máximo	3,94	1,00	1,57	2,51	1,000	1,000	1,570
Mediana	1,00	1,00	1,00	2,50	1,000	0,400	0,550
Média	1,97	1,00	1,25	1,91	0,839	0,637	0,847
Desvio Padrão	1,18	0,00	0,28	0,74	0,180	0,297	0,530
Coefic. Variação	0,60	0,00	0,23	0,39	0,215	0,467	0,626

Tabela 57 Pesos do Modelo 4 - VRS – Sem Restrições

DMU (Pólo e Ano)	ACIDENTE	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
SANTA5	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
SANTA6	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
SANTA7	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
VACARIA4	1,00	1,00	22,43	1,00	0,045	1,000	22,435
VACARIA5	1,00	1,00	22,43	1,00	0,045	1,000	22,435
VACARIA6	1,00	1,00	22,43	1,00	0,045	1,000	22,435
VACARIA7	1,00	1,00	3,75	1,00	0,267	1,000	3,750
METRO4	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
METRO5	1,00	3,05	1,86	1,00	1,643	3,051	1,857
METRO6	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
METRO7	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
LAJEADO4	1,00	10,64	1,00	13,56	10,639	0,785	0,074
LAJEADO5	1,00	1,00	1,00	30,53	1,000	0,033	0,033

DMU (Pólo e Ano)	ACIDENTE	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
LAJEADO6	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
LAJEADO7	1,00	1,00	1,00	30,53	1,000	0,033	0,033
GRAMADO4	1,00	10,64	1,00	13,56	10,639	0,785	0,074
GRAMADO5	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
GRAMADO6	1,00	1,00	22,43	1,00	0,045	1,000	22,435
GRAMADO7	4,74	25,61	1,00	1,00	25,614	25,614	1,000
CARAZINHO4	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO5	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO6	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO7	1,00	1,00	1,00	30,53	1,000	0,033	0,033
CAXIAS4	1,00	10,64	1,00	13,56	10,639	0,785	0,074
CAXIAS5	1,00	10,64	1,00	13,56	10,639	0,785	0,074
CAXIAS6	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,083	0,761
CAXIAS7	1,00	1,00	1,00	30,53	1,000	0,033	0,033
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,045	0,033	0,033
Máximo	4,74	25,61	22,43	30,53	25,614	25,614	22,435
Mediana	1,00	1,00	9,14	12,01	0,109	0,785	0,761
Média	1,66	3,33	9,39	10,55	2,695	1,489	6,431
Desvio Padrão	1,44	5,54	8,12	9,92	5,813	4,772	9,310
Coefic. Variação	0,87	1,67	0,86	0,94	2,157	3,205	1,448

Tabela 58 Pesos do Modelo 4 - VRS – Com Restrição Forte

DMU (Pólo e Ano)	ACIDENTE	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
SANTA4	4,70	1,00	19,23	1,01	0,052	0,990	19,031
SANTA5	4,70	1,00	19,23	1,01	0,052	0,990	19,031
SANTA6	4,70	1,00	19,23	1,01	0,052	0,990	19,031
SANTA7	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
VACARIA4	4,63	1,00	19,23	1,01	0,052	0,994	19,114
VACARIA5	4,63	1,00	19,23	1,01	0,052	0,994	19,114
VACARIA6	1,00	1,00	19,23	1,01	0,052	0,994	19,114
VACARIA7	4,67	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
METRO4	3,41	1,00	19,23	12,05	0,052	0,083	1,596
METRO5	5,27	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
METRO6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000
METRO7	1,00	2,63	1,90	25,62	1,386	0,103	0,074

DMU (Pólo e Ano)	ACIDENTE	INVRESTM	DESPMDO	DESPCONS	INVRESTM / DESPMDO	INVRESTM / DESPCONS	DESPMDO / DESPCONS
LAJEADO4	1,00	6,38	4,60	12,87	1,386	0,495	0,357
LAJEADO5	1,00	2,18	1,95	26,29	1,122	0,083	0,074
LAJEADO6	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
LAJEADO7	1,00	2,18	1,95	26,29	1,122	0,083	0,074
GRAMADO4	1,00	6,38	4,60	12,87	1,386	0,495	0,357
GRAMADO5	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
GRAMADO6	1,00	1,00	19,23	1,01	0,052	0,994	19,114
GRAMADO7	1,00	1,00	19,11	1,00	0,052	1,000	19,114
CARAZINHO4	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO5	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO6	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
CARAZINHO7	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
CAXIAS4	1,00	2,63	1,90	25,62	1,386	0,103	0,074
CAXIAS5	1,00	6,38	4,60	12,87	1,386	0,495	0,357
CAXIAS6	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,083	0,761
CAXIAS7	1,00	2,18	1,95	26,29	1,122	0,083	0,074
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00	0,052	0,083	0,074
Máximo	5,27	6,38	19,23	26,29	1,386	1,000	19,114
Mediana	1,00	1,00	9,17	12,05	0,109	0,495	0,761
Média	2,16	1,82	10,74	9,90	0,487	0,520	7,188
Desvio Padrão	1,73	1,69	7,44	9,26	0,573	0,437	9,040
Coefic. Variação	0,80	0,93	0,69	0,94	1,176	0,842	1,258