

**REGULAÇÃO POR INCENTIVO À QUALIDADE:  
COMPARAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENTRE  
DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.**

**THELMA MARIA MELO PINHEIRO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**REGULAÇÃO POR INCENTIVO À QUALIDADE:  
COMPARAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENTRE  
DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.**

**THELMA MARIA MELO PINHEIRO**

**ORIENTADOR: MARCO AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PUBLICAÇÃO: PPGENE.DM – 491/2012**

**BRASÍLIA/DF: SETEMBRO – 2012**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**REGULAÇÃO POR INCENTIVO À QUALIDADE: COMPARAÇÃO  
DE EFICIÊNCIA ENTRE DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO BRASIL.**

**THELMA MARIA MELO PINHEIRO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

**APROVADA POR:**

---

**MARCO AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA, Dr., ENE/UNB  
(ORIENTADOR)**

---

**MARCUS VINÍCIUS BORGES DE MENDONÇA, Dr., ENE/UNB  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**EDVALDO ALVES DE SANTANA, Dr., ANEEL  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**Brasília, 28 de setembro de 2012.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

PINHEIRO, THELMA MARIA MELO

Regulação por Incentivo à Qualidade: Comparação de Eficiência entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil. [Distrito Federal] 2012.

xix, 157p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1. Qualidade do serviço

2. Regulação por incentivos

3. Análise Envoltória de Dados

4. Desempenho operacional

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHEIRO, T. M. M. (2012). Regulação por Incentivo à Qualidade: Comparação de Eficiência entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM - 491/2012

Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 157p.

### CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Thelma Maria Melo Pinheiro.

TÍTULO: Regulação por Incentivo à Qualidade: Comparação de Eficiência entre Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil.

GRAU: Mestre

ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Thelma Maria Melo Pinheiro  
Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica  
CEP: 70.910-900  
Brasília - DF - Brasil

Dedicado ao meu amado Edmilson por seu incentivo e suporte.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e à Universidade de Brasília.

Agradeço também a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, principalmente ao Professor Marco Aurélio por sua dedicação e paciência.

*"Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.  
As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito."*

Chico Xavier.

## RESUMO

### REGULAÇÃO POR INCENTIVO À QUALIDADE: COMPARAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENTRE DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.

Os instrumentos de regulação por incentivo à qualidade do serviço mostram-se muito importantes para o desenvolvimento do setor elétrico, caminhando no sentido de aumentar a eficácia dos regulamentos e reduzindo os efeitos da regulação econômica para a redução imprudente dos custos em detrimento da qualidade.

O principal objetivo do trabalho é averiguar a possibilidade de incorporar a qualidade do fornecimento na regulação econômica por meio da análise comparativa das distribuidoras de energia elétrica no período de 2007 a 2010. Outro objetivo é verificar se as distribuidoras rentáveis não necessariamente apresentam elevada qualidade de serviço e que as medidas de eficiência dos modelos baseados somente em custos não apresentam alta correlação com os modelos baseados na qualidade.

Para a consecução destes objetivos, são calculadas as medidas de eficiência técnica, incorporando a qualidade, utilizando Modelos DEA (*Data Envelopment Analysis*). É proposta a aplicação dos índices de produtividade de Malmquist para verificar o desempenho do setor durante o período. São estudados quatro modelos distintos, cada um deles contando com diferentes combinações de entradas e saídas, nas quais estão incluídos os indicadores de continuidade globais das distribuidoras, permitindo um estudo sistematizado dos escores de eficiência obtidos para as empresas selecionadas.

Os modelos que incorporam a qualidade não apresentaram fortes correlações com os modelos baseados apenas em gastos, indicando um possível *trade off* ou competências diferentes entre gastos totais e qualidade de serviço. Estes resultados demonstram que, pelo menos conceitualmente, é plausível e desejável integrar qualidade de serviço e despesas de capital na comparação de desempenho operacional das distribuidoras de energia elétrica. As distribuidoras que alcançaram a fronteira de eficiência, geralmente apresentaram um melhor desempenho apenas em custo ou apenas em qualidade. Logo, verificou-se que distribuidoras rentáveis não apresentam necessariamente um bom desempenho quanto à qualidade de serviço.

Por fim, a consideração das variáveis de qualidade do serviço na avaliação do desempenho operacional, por meio dos índices de Malmquist, ampliou a quantidade de empresas com ganhos de produtividade no período.

## ABSTRACT

### **QUALITY INCENTIVE REGULATION: BRAZIL ELECTRICITY UTILITIES PERFORMANCE COMPARATIVE.**

The regulatory instruments of service quality incentive are very important to the electric sector development, moving towards increasing the effectiveness of regulations and reducing the effects of economic rules to reckless costs reduction over quality.

The work main objective is to evaluate the possibility of incorporating the supply quality in the economic regulation through the electricity distribution companies comparative analysis in the period 2007 to 2010. Another objective is to verify if profitable utilities does not necessarily exhibit high service quality and if efficiency measures of costs based models are highly correlated to quality based ones.

Order to achieve these goals, technical efficiency measures are calculated, incorporating quality, using DEA (Data Envelopment Analysis) models. The application of Malmquist productivity indices is proposed to evaluate sector performance in the period. Four different models are studied, each one featuring different combinations of inputs and outputs, including utilities continuity, allowing a systematic study of the efficiency scores obtained for the selected companies.

Models that incorporate the quality did not show strong correlations to the cost based models, indicating a possible trade-off or different competences between overall costs and service quality. These results demonstrate that, at least conceptually, is plausible and desirable to integrate service quality and capital expenses in comparing operational performance of electricity utilities. Utilities that achieved the efficient frontier, generally presented only best cost performance or only best quality performance . Therefore, it was observed that profitable utilities do not necessarily present a good performance in terms of quality of service.

Finally, considering the service quality variables in the operational performance evaluation, through the Malmquist indices, expanded the number of companies with productivity gains in the period.

## SUMÁRIO

<b>1 -</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 -	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	1
1.2 -	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	2
1.3 -	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	4
<b>2 -</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 -	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	5
2.2 -	BREVE HISTÓRICO DA REGULAÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇOS	
2.3 -	DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE ÓTIMA DO SERVIÇO .....	8
2.4 -	INSTRUMENTOS PARA ASSEGURAR NÍVEIS DESEJÁVEIS DE QUALIDADE DO SERVIÇO .....	10
2.4.1 -	Padrões Mínimos de Qualidade .....	10
2.4.2 -	Penalidades Absolutas.....	10
2.4.3 -	Prêmios ou Sanções Marginais.....	11
2.4.4 -	Comparação de Desempenho .....	12
2.4.5 -	Incentivos baseados no desempenho de serviços .....	12
2.4.6 -	<i>Benchmarking</i> com qualidade do serviço incorporada .....	13
2.5 -	INCORPORAÇÃO DE INCENTIVOS À QUALIDADE DO SERVIÇO NO BRASIL.....	14
2.6 -	MEDIÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL .....	22
2.6.1 -	Eficiência Operacional .....	22
2.6.2 -	Análise Envoltória de Dados - DEA .....	24
2.6.2.1 -	Propriedades do método DEA .....	29
2.6.2.2 -	Características do método DEA .....	29
2.6.2.3 -	Questões metodológicas específicas.....	30
2.7 -	ÍNDICE DE MALMQUIST DE PRODUTIVIDADE.....	31
2.8 -	QUALIDADE INCORPORADA AOS ÍNDICES MALMQUIST .....	33
2.9 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
<b>3 -</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1 -	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	39
3.2 -	UNIDADES DE DECISÃO .....	39

3.3 -	ESCOLHA DAS VARIÁVEIS .....	42
3.3.1 -	Entradas .....	43
3.3.2 -	Saídas .....	46
3.3.3 -	Variáveis da Qualidade do Serviço .....	48
3.4 -	FERRAMENTAS PARA RESOLUÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS .....	50
3.4.1 -	Rotina formulada em <i>Matlab</i> ®.....	50
3.4.2 -	SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão) .....	51
3.4.3 -	DEAP (Data Envelopment Analysis Program).....	52
3.5 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
4 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1 -	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	54
4.2 -	RESULTADOS DA VALIDAÇÃO DA ROTINA EM <i>MATLAB</i> ®.....	54
4.3 -	TESTE INICIAL .....	56
4.4 -	ESPECIFICAÇÕES DOS MODELOS .....	60
4.5 -	ESCORES DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL .....	61
4.6 -	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO .....	65
4.7 -	EFEITO DO NÚMERO DE VARIÁVEIS.....	66
4.8 -	INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DE ESCALA .....	67
4.9 -	RESULTADOS DA MODELAGEM CCR.....	70
4.10 -	RESULTADOS DA MODELAGEM BCC .....	74
4.11 -	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MODELO QUALIDADE .....	75
4.12 -	<i>RANKING</i> MÉDIO ANUAL EM CCR.....	84
4.13 -	<i>RANKING</i> MÉDIO ANUAL EM BCC.....	89
4.14 -	CONSIDERAÇÕES SOBRE O <i>RANKING</i> ANEEL.....	93
4.15 -	ÍNDICES DE MALMQUIST DE MUDANÇA DE PRODUTIVIDADE. 96	
4.16 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
5 -	CONCLUSÕES.....	102
5.1 -	ASPECTOS GERAIS.....	102
5.2 -	PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES.....	103
5.3 -	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	105

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE A – DADOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE B – FONTE DA ROTINA BÁSICA EM MATLAB® .....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE C – RESULTADOS OBTIDOS CONSIDERANDO TODOS OS MODELOS E CADA ANO DO PERÍODO .....</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICE D – RESULTADOS VARIAÇÃO MÉDIA DA PRODUTIVIDADE E COMPONENTES PARA OS TODOS OS MODELOS NO PERÍODO DE 2007 A 2010. ....</b>	<b>150</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - <i>Definição da Parcela Q do Fator X</i> .....	21
Tabela 3.1 - <i>Unidades de Decisão - 48 Distribuidoras de Energia Elétrica</i> .....	40
Tabela 3.2 - <i>Distribuidoras de Energia Elétrica que não participaram do estudo</i> .....	41
Tabela 4.1 – <i>Resultados em CCR para validação com Cooper, et al. (2002)</i> .....	55
Tabela 4.2 – <i>Resultados em CCR para validação com Coelli, et al. (1998)</i> .....	55
Tabela 4.3 – <i>Resultados em BCC para validação com Coelli, et al. (1998)</i> .....	55
Tabela 4.4 - <i>Variáveis do Caso A</i> .....	56
Tabela 4.5 - <i>Teste inicial - Resultados do Caso A</i> .....	57
Tabela 4.6 - <i>Teste inicial - Variáveis do Caso B</i> .....	57
Tabela 4.7 - <i>Teste inicial - Resultados do Caso B</i> .....	58
Tabela 4.8 - <i>Teste inicial - Variáveis do Caso C</i> .....	58
Tabela 4.9 - <i>Teste inicial - Resultados do Caso C</i> .....	58
Tabela 4.10 - <i>Teste inicial - Variáveis do Caso D</i> .....	59
Tabela 4.11 - <i>Teste inicial - Resultados do Caso D</i> .....	59
Tabela 4.12 - <i>Especificação dos modelos de DEA</i> .....	60
Tabela 4.13 - <i>Escores médios de eficiência das distribuidoras - 2007 a 2010</i> .....	62
Tabela 4.14 - <i>Correlação dos Escores médios de eficiência</i> .....	66
Tabela 4.15 - <i>Ano da RTP e as variações de CDOI e eficiência operacional</i> .....	73
Tabela 4.16 - <i>Escores de eficiência do modelo Qualidade ano 2010</i> .....	76
Tabela 4.17 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa A no ano 2010</i> .....	78
Tabela 4.18 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa B no ano 2010</i> .....	79
Tabela 4.19 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa C no ano 2010</i> .....	80
Tabela 4.20 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa D no ano 2010</i> .....	80
Tabela 4.21 - <i>Resumo dos escores médios de eficiência por faixas</i> .....	81
Tabela 4.22 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade do Grupo 1 no ano 2010</i> .....	82
Tabela 4.23 - <i>Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Grupo 2 no ano 2010</i> .....	83
Tabela 4.24 - <i>Resumo dos escores médios de eficiência por grupos</i> .....	84
Tabela 4.25 - <i>DGC: mercado maior que 1 TWh</i> .....	93
Tabela 4.26 - <i>DGC: mercado menor ou igual a 1 TWh</i> .....	94
Tabela 4.27 - <i>Ranking do Modelo Qualidade em BCC no período de 2007 a 2010</i> .....	95
Tabela 4.28 - <i>Média dos índices de produtividade de Malmquist para o intervalo de quatro anos - 2007 a 2010</i> .....	97

Tabela 4.29 - <i>Varição média da produtividade e componentes relevantes para o Modelo CDOI - Qualidade - 2007 a 2010.</i> .....	99
Tabela 4.30 - <i>Correlação entre os índices médios de mudança de produtividade para o Modelo CDOI - Qualidade - 2007 a 2010.</i> .....	100
Tabela A. 1: <i>Valores de Custos e Despesas Operacionais (milhões de R\$).</i> .....	115
Tabela A. 2 : <i>Valores de Investimentos (milhões de R\$).</i> .....	117
Tabela A. 3: <i>Número Total de Unidades Consumidoras.</i> .....	119
Tabela A. 4: <i>Energia Total Distribuída (MWh).</i> .....	121
Tabela A. 5: <i>Comprimento Total da Rede de Distribuição (km).</i> .....	123
Tabela A. 6: <i>Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora - DEC (h).</i> 125	
Tabela A. 7: <i>Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora - FEC...</i> 127	
Tabela C.1: <i>Resultados do Modelo CDO para CCR.</i> .....	134
Tabela C.2: <i>Resultados do Modelo CDO para BCC.</i> .....	136
Tabela C.3: <i>Resultados do Modelo CDOI para CCR.</i> .....	138
Tabela C.4: <i>Resultados do Modelo CDOI para BCC.</i> .....	140
Tabela C.5: <i>Resultados do Modelo Qualidade para CCR.</i> .....	142
Tabela C.6: <i>Resultados do Modelo Qualidade para BCC.</i> .....	144
Tabela C.7: <i>Resultados do Modelo CDOI - Qualidade para CCR.</i> .....	146
Tabela C.8: <i>Resultados do Modelo CDOI - Qualidade para BCC.</i> .....	148
Tabela D.1: <i>Varição média da produtividade e componentes para o Modelo CDO.</i> .....	150
Tabela D.2: <i>Varição média da produtividade e componentes para o Modelo CDOI.</i> ....	152
Tabela D.3: <i>Varição média da produtividade e componentes para o Modelo Qualidade.</i> .....	154
Tabela D.4: <i>Varição média da produtividade e componentes para o Modelo CDOI - Qualidade.</i> .....	156

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - <i>Papel do Regulador: equilibrar as necessidades e direitos dos participantes do mercado de energia.</i> .....	1
Figura 1.2 - <i>Empresas atuam no mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil.</i> ...	2
Figura 2.1 - <i>Cronologia da regulamentação relativa à qualidade do serviço.</i> .....	7
Figura 2.2 - <i>Benefícios e custos marginais associados à qualidade.</i> .....	9
Figura 2.3 - <i>Fronteira de eficiência e conjunto viável de produção.</i> .....	23
Figura 2.4 - <i>Fronteira de eficiência e conjunto viável de produção.</i> .....	23
Figura 2.5 - <i>Fronteiras BCC e CCR para o caso DEA bidimensional.</i> .....	28

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - <i>Evolução dos indicadores de continuidade do Brasil de 2006 a 2010.</i> .....	15
Gráfico 2.2 - <i>Evolução do Tempo Médio de Interrupção do Brasil de 2006 a 2010.</i> .....	16
Gráfico 3.1- <i>Estratificação dos Gastos Operacionais Totais (2007-2010).</i> .....	44
Gráfico 3.2 - <i>Estratificação dos Custos Operacionais (2007-2010).</i> .....	44
Gráfico 3.3 - <i>Estratificação das Despesas Operacionais (2007-2010).</i> .....	45
Gráfico 3.4 - <i>Evolução das variáveis monetárias (2007-2010).</i> .....	45
Gráfico 3.5 - <i>Número Total de Unidades Consumidoras (2007-2010).</i> .....	46
Gráfico 3.6 - <i>Energia Total Distribuída (2007-2010).</i> .....	47
Gráfico 3.7 - <i>Comprimento Total da Rede de Distribuição (2007-2010).</i> .....	47
Gráfico 3.8 - <i>DEC do grupo de 48 empresas e do Brasil (2007-2010).</i> .....	49
Gráfico 3.9 - <i>FEC do grupo de 48 empresas e do Brasil (2007-2010).</i> .....	50
Gráfico 4.1 - <i>Escores médios de eficiência em CCR no período de 2007 a 2010.</i> .....	64
Gráfico 4.2 - <i>Escores médios de eficiência em BCC no período de 2007 a 2010.</i> .....	65
Gráfico 4.3 - <i>Indicador DEC ano 2010 por faixa de número de consumidores.</i> .....	68
Gráfico 4.4 - <i>Indicador FEC ano 2010 por faixa de número de consumidores.</i> .....	68
Gráfico 4.5 - <i>Escores de eficiência médios em CCR para todos os modelos.</i> .....	70
Gráfico 4.6 - <i>Escores de eficiência médios em CCR (sem modelo Qualidade).</i> .....	71
Gráfico 4.7 - <i>Redução da eficiência versus aumento do CDOI – CELTINS.</i> .....	72
Gráfico 4.8 - <i>Redução da eficiência versus aumento do CDOI – EPB.</i> .....	72
Gráfico 4.9 - <i>Redução da eficiência versus aumento do CDOI – CPEE.</i> .....	73
Gráfico 4.10 - <i>Escores de eficiência médios em BCC para todos os modelos.</i> .....	74
Gráfico 4.11 - <i>Escores de eficiência médios em BCC (sem modelo Qualidade).</i> .....	75
Gráfico 4.12 - <i>Escores de eficiência médios Modelo Qualidade.</i> .....	76
Gráfico 4.13 - <i>Ranking médio anual em CCR (1º conjunto de empresas).</i> .....	85
Gráfico 4.14 - <i>Ranking médio anual em CCR (2º conjunto de empresas).</i> .....	86
Gráfico 4.15 - <i>Ranking médio anual em CCR (3º conjunto de empresas).</i> .....	87
Gráfico 4.16 - <i>Ranking médio anual em CCR (4º conjunto de empresas).</i> .....	88
Gráfico 4.17 - <i>Ranking médio anual em CCR (5º conjunto de empresas).</i> .....	88
Gráfico 4.18 - <i>Ranking médio anual em BCC (1º conjunto de empresas).</i> .....	90

Gráfico 4.19 - <i>Ranking médio anual em BCC (2º conjunto de empresas)</i> . .....	91
Gráfico 4.20 - <i>Ranking médio anual em BCC (3º conjunto de empresas)</i> . .....	92
Gráfico 4.21 - <i>Ranking médio anual em BCC (4º conjunto de empresas)</i> . .....	92

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

AES-SUL	- AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.
AME	- Amazonas Energia.
AMPLA	- Ampla Energia e Serviços S/A.
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica.
BANDEIRANTE	- Bandeirante Energia S/A.
BCC	- Banker, Charnes e Cooper.
BOA VISTA	- Eletrobrás Distribuição Roraima.
BT	- Baixa Tensão.
CAIUÁ-D	- Caiuá Distribuição de Energia S/A.
CCR	- Charnes, Cooper e Rhodes.
CDO	- Custos e despesas operacionais.
CDOI	- Custos e despesas operacionais e investimentos.
CEA	- Companhia de Eletricidade do Amapá .
CEAL	- Companhia Energética de Alagoas.
CEB-DIS	- CEB Distribuição S/A.
CEEE-D	- Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica.
CELESC-DIS	- Celesc Distribuição S.A.
CELG-D	- Companhia Energética de Goiás.
CELPA	- Centrais Elétricas do Pará S/A.
CELPE	- Companhia Energética de Pernambuco.
CELTINS	- Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins.
CEMAR	- Companhia Energética do Maranhão.
CEMAT	- Centrais Elétricas Matogrossenses S/A.
CEMIG-D	- CEMIG Distribuição S/A.
CEPISA	- Eletrobrás Distribuição Piauí.
CERON	- Eletrobrás Distribuição Rondônia.
CERR	- Companhia Energética de Roraima.
CFLO	- Companhia Força e Luz do Oeste.
CHESP	- Companhia Hidroelétrica São Patrício.
CJE	- Companhia Jaguari de Energia.
CLFM	- Companhia Luz e Força Mococa.

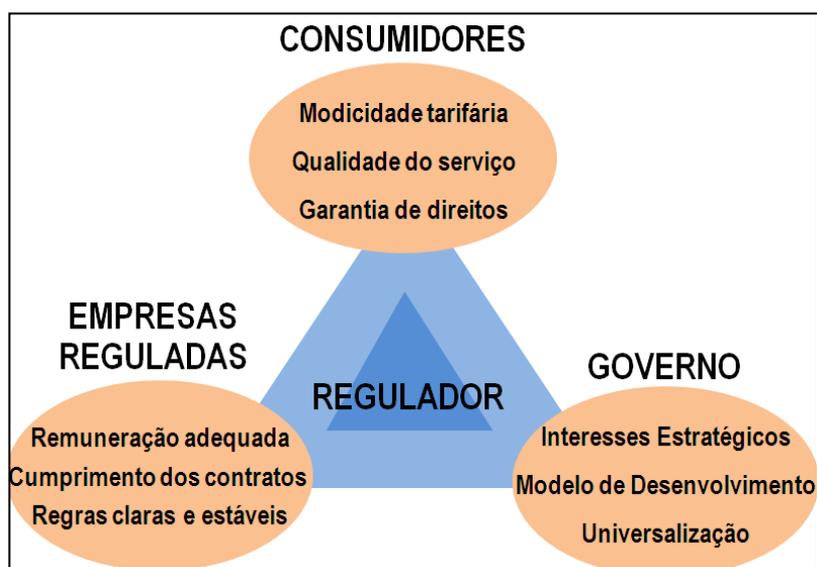
CLFSC	- Companhia Luz e Força Santa Cruz.
CNEE	- Companhia Nacional de Energia Elétrica.
COCEL	- Companhia Campolarguense de Energia.
COELBA	- Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia.
COELCE	- Companhia Energética do Ceará.
COOPERALIANÇA	- Cooperativa Aliança.
COPEL-DIS	- Copel Distribuição S/A.
COSERN	- Companhia Energética do Rio Grande do Norte.
CPEE	- Companhia Leste Paulista de Energia Elétrica.
CPFL- Piratininga	- Companhia Piratininga de Força e Luz.
CPFL-Paulista	- Companhia Paulista de Força e Luz.
CSPE	- Companhia Sul Paulista de Energia.
CRS	- <i>Constant Returns to Scale.</i>
CTR	- Comprimento Total da Rede de Distribuição.
CVM	- Comissão de Valores Imobiliários.
DEA	- <i>Data Envelopment Analysis / Análise Envoltória de Dados.</i>
DEAP	- <i>Data Envelopment Analysis Program.</i>
DEC	- Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora.
DEMEI	- Departamento Municipal de Energia de Ijuí.
DGC	- Indicador de Desempenho Global de Continuidade.
DMEPC	- Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas.
DMU	- <i>Decision Making Units.</i>
DNAEE	- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.
EBO	- Energisa Borborema.
EDEV	- Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A.
$E_e$	- Eficiência de Escala.
EEB	- Empresa Elétrica Bragantina S/A.
EFLJC	- Empresa Força e Luz João Cesa Ltda.
EFLUL	- Empresa Força e Luz Urussanga Ltda.
ELEKTRO	- Elektro Eletricidade e Serviços S/A.
ELETROACRE	- Eletrobrás Distribuição Acre.
ELETROCAR	- Centrais Elétricas de Carazinho S/A.
ELETROPAULO	- Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A.

ELFSM	- Empresa Luz e Força Santa Maria S/A.
EMG	- Energisa Minas Gerais.
ENERSUL	- Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A.
ENF	- Energisa Nova Friburgo.
$E_p$	- Eficiência Pura.
EPB	- Energisa Paraíba.
ESCELSA	- Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.
ESE	- Energisa Sergipe.
ETD	- Energia Total Distribuída.
FEC	- Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora.
FORCEL	- Força e Luz Coronel Vivida Ltda.
FTP	- fatores totais de produção.
GWh	- Giga Watt hora.
HIDROPAN	- Hidroelétrica Panambi S/A.
ENERGIA	- Iguazu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda.
IVI	- Indicador de Variação da Inflação.
LIGHT	- Light Serviços de Eletricidade S/A.
MT	- Média Tensão.
MUX-Energia	- Muxfeldt Marin & Cia. Ltda.
NUC	- Número Total de Unidades Consumidoras.
P	- Captação de Produtividade.
$P_d$	- Ganhos de produtividade da atividade de distribuição.
PRODIST	- Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica.
PRORET	- Procedimentos de Regulação Tarifária.
Q	- Parcela da Qualidade do serviço na Produtividade.
RGE	- Rio Grande de Energia S/A.
SAD	- Sistema de Apoio a Decisão.
SIAD	- Sistema Integrado de Apoio a Decisão.
SULGIPE	- Companhia Sul Sergipana de Eletricidade .
TWh	- Tera Watt hora.
UHENPAL	- Usina Hidro Elétrica Nova Palma Ltda.
VRS	- <i>Variable Returns to Scale.</i>

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

Com a privatização do setor elétrico brasileiro, os consumidores, agentes e órgão regulador têm procurado interagir de forma a promover o desenvolvimento e o equilíbrio no mercado de energia elétrica no Brasil. A relação entre estes participantes do mercado de energia encontra-se ilustrada na Figura 1.1.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/](http://www.aneel.gov.br/)>. Acesso em 17 agosto 2011. (modificada).

Figura 1.1 - *Papel do Regulador: equilibrar as necessidades e direitos dos participantes do mercado de energia.*

Na ausência de um sistema de mercado eficiente para transmissão e distribuição de eletricidade, os reguladores focam na eficiência e produtividade do negócio. Confrontando questões técnicas, econômicas e sociais, a regulação evoluiu bastante desde a criação da ANEEL, porém ainda existem questões importantes a serem aperfeiçoadas, especialmente no que concerne à qualidade do fornecimento de energia elétrica e a definição do preço pago pelo consumidor.

Como pode ser visualizado na Figura 1.2, 63 empresas atuam no mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil, atendendo a aproximadamente 68 milhões de unidades consumidoras e distribuindo um total de 309 GWh por ano.

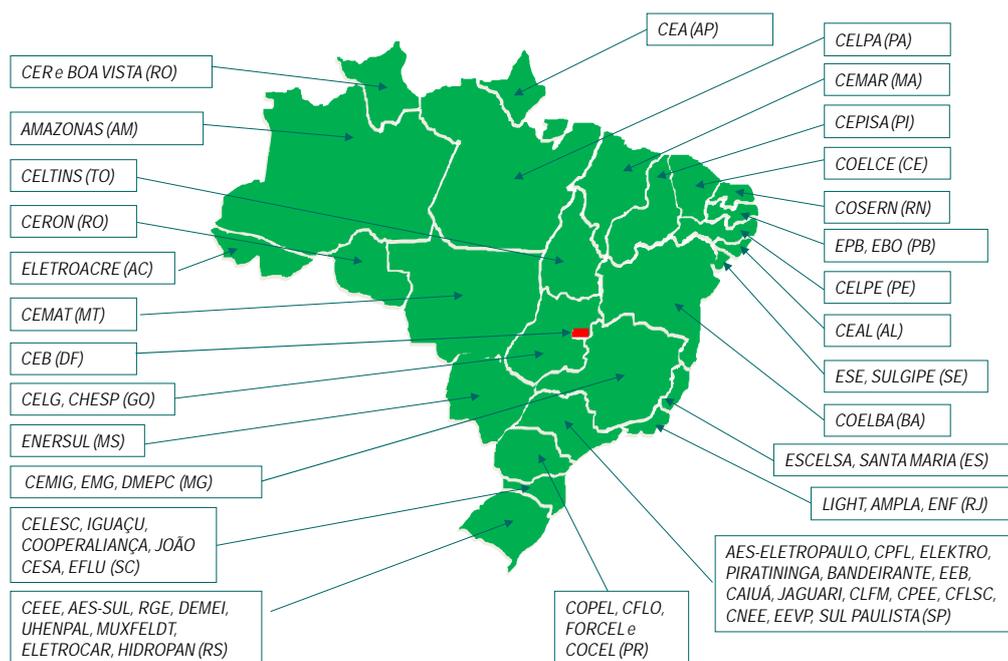


Figura 1.2 - Empresas atuam no mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil.

As interrupções de grande proporção ocorridas no Brasil nos anos de 2009, 2010 e 2011 colocaram em evidência a grande importância econômica e valor social da qualidade dos serviços de transmissão e de distribuição de eletricidade. Tais acontecimentos, aliados à crescente penalização pelo regulador, levantam questionamentos quanto à eficácia dos regulamentos da qualidade do serviço no combate aos efeitos prejudiciais da regulação econômica que incentiva a redução de custos sem o devido compromisso com a prestação do serviço adequado.

## 1.2 - OBJETIVOS DO TRABALHO

A possível escolha entre a realização de investimentos e a degradação da qualidade exige a adoção de regimes economicamente eficientes. De acordo com a literatura (Lagset, et al., 2001), experiências internacionais demonstram a utilização por parte dos reguladores de métodos de avaliação comparativa (*benchmarking*) na regulação dos custos, contudo ainda não foram introduzidos os aspectos relacionados com a qualidade dos serviços.

Todas as partes diretamente envolvidas com o setor de energia elétrica poderão se beneficiar dos estudos comparativos que levem em conta a qualidade do fornecimento (Giannakis, et al., 2003). Os padrões de qualidade poderão ser melhores dimensionados, uma vez que os reguladores obterão informações mais precisas, assim como poderão

estabelecer os incentivos para que as empresas busquem atingir as metas propostas. As distribuidoras poderão comparar o seu desempenho em relação ao setor e identificar eventuais pontos fracos considerando as melhores práticas e os consumidores poderão avaliar melhor a qualidade de serviço que recebem.

Contudo, o entendimento da aplicação das técnicas de análise comparativa passa primeiramente pelo estudo detalhado da evolução na aplicação por parte dos reguladores de serviços públicos dos instrumentos que buscam assegurar níveis desejáveis de qualidade do serviço. Considera-se importante compreender os métodos para medição da eficiência operacional como também a definição da técnica a ser utilizada e do modelo a ser estudado.

Logo, a hipótese básica a ser testada no presente estudo é a possibilidade de incorporar a qualidade do fornecimento na regulação econômica por meio da análise comparativa das distribuidoras. As hipóteses secundárias consistem em verificar se distribuidoras rentáveis não necessariamente apresentam elevada qualidade de serviço e que as medidas de eficiência dos modelos baseados somente em custos não apresentam alta correlação com os modelos baseados na qualidade.

Neste trabalho, por meio de uma análise das concessionárias de distribuição de energia elétrica, tenta-se demonstrar se é desejável incorporar a qualidade do serviço na análise comparativa das distribuidoras.

São calculadas as medidas de eficiência técnica, incorporando a qualidade, utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados - DEA (do inglês *Data Envelopment Analysis*). Em seguida, os índices de produtividade de Malmquist são calculados para verificar o desempenho do setor durante o período.

### **1.3 - ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

Esta dissertação foi estruturada em 5 capítulos que buscam atingir objetivos específicos, mas que conjuntamente permitem alcançar o objetivo principal descrito anteriormente.

O presente Capítulo faz a introdução do trabalho, apresenta a motivação que o originou, os objetivos principal e secundários que orientaram o desenvolvimento dele e a estruturação definida para ele.

O Capítulo 2 trata, essencialmente, da revisão bibliográfica do trabalho. Define-se a qualidade do serviço e são discutidos os instrumentos regulatórios para assegurar níveis desejáveis de qualidade do serviço. Nesse mesmo Capítulo, são apresentados os métodos para medição da eficiência operacional e a conceituação do índice de Malmquist.

No Capítulo 3, são informados os materiais e métodos utilizados no trabalho. Realiza-se uma breve análise da escolha das unidades de decisão, como também dos dados de entrada e saída utilizados em cada modelo. Dessa forma, expõe as ferramentas para resolução do método DEA, descrevendo-as detalhadamente.

De acordo com a base de conhecimento fornecida pelos capítulos anteriores, o Capítulo 4 descreve os resultados obtidos nas simulações realizadas para cada um dos casos especificados. No Capítulo, apresenta-se uma análise dos resultados permitindo que a complexidade dos modelos matemáticos possa ser traduzida em conclusões técnicas.

Finalmente, o Capítulo 5 destina-se ao registro das conclusões finais do trabalho e das principais contribuições.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O presente Capítulo apresenta as ideias principais da literatura sobre a regulação por incentivo à qualidade do serviço em concessões de serviços públicos de distribuição de energia elétrica. O foco é a apresentação dos principais instrumentos que as agências reguladoras utilizam para assegurar níveis desejáveis de qualidade. Também é realizada uma análise de como o setor elétrico brasileiro vem incorporando os incentivos à qualidade do serviço e as perspectivas para o futuro.

Ainda contextualiza a Análise Envoltória de Dados, que constitui o método de medição da eficiência operacional escolhido para o desenvolvimento da pesquisa. Apresenta-se a formulação do índice de Malmquist, que será utilizado para estimar a evolução da eficiência no período, sendo também calculado levando em conta os atributos da qualidade.

### **2.2 - BREVE HISTÓRICO DA REGULAÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO**

A qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica pode ser compreendida no seu aspecto mais amplo, ou seja, envolvendo além da continuidade e conformidade da tensão de fornecimento, também o atendimento ao consumidor.

A continuidade pode ser especificada pela confiabilidade da rede elétrica. Geralmente, a carência de qualidade quando ao aspecto da continuidade pode ser determinada pela quantidade de interrupções sofridas e pela duração das mesmas.

A conformidade é traduzida pelas características técnicas do fornecimento e da sua variabilidade. Ela é determinada pelos níveis de tensão, de frequência e de distorções harmônicas.

A qualidade no atendimento comercial ao consumidor pode ser exemplificada na pontualidade e flexibilidade da concessionária de distribuição aos pedidos de serviços, na adequação do atendimento telefônico e no correto faturamento, entre outros.

Estes três aspectos: continuidade, conformidade e atendimento comercial determinam a qualidade e devem ser levados em consideração na avaliação do serviço de distribuição de energia elétrica.

Segundo Baldwin e Cave (1999), geralmente os reguladores acreditam ser mais fácil regular o preço do que a qualidade. O preço tem a grande vantagem de ser unidimensional, podendo ser medido objetivamente. Como pode ser visto anteriormente, a qualidade tem muitas dimensões, algumas das quais tipicamente se baseiam em avaliações subjetivas dos consumidores.

Na história da regulação da qualidade no Brasil, desde a publicação do Decreto nº 24.643/1934, verifica-se uma preocupação com a prestação do serviço adequado, abrangendo os aspectos da qualidade e da disponibilidade. O mesmo pode ser verificado no Decreto nº 41.019/1957, que estabeleceu como responsabilidade das concessionárias a melhoria da qualidade e/ou da continuidade do fornecimento.

A partir da publicação dos Decretos acima mencionados, e considerando a obrigação de regulamentar o setor elétrico, o DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, em 1978, publicou as Portarias nº 046 e 047, que trataram respectivamente da continuidade do serviço e da conformidade da tensão de fornecimento de energia elétrica.

O DNAEE consolidou as disposições referentes às condições gerais de fornecimento na Portaria nº 095/1981, onde já eram regulamentados os aspectos da qualidade do atendimento ao consumidor. Em 1987, foi publicada a Portaria DNAEE nº 222, que atualizou a portaria anterior, sendo revogada pela Portaria DNAEE nº 466/1997, quando se buscou aprimorar o relacionamento entre o concessionário e os consumidores.

A Lei nº 8.987/1995 reafirmou a questão da responsabilidade das concessões e permissões na prestação do serviço adequado. Com a criação da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em 1997, foram editadas resoluções específicas no sentido de regulamentar a qualidade do serviço. Em 2000, foi publicada a Resolução nº 024, norteando os aspectos da continuidade, seguida nesse mesmo ano pela Resolução nº 456, que tratou das condições gerais de fornecimento. No ano seguinte, foi publicada a

Resolução nº 505/2001, trazendo avanços importantes para a conformidade da tensão de fornecimento.

Mais recentemente, por meio da Resolução Normativa nº 345/2008, foram publicados os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, que vieram nortear e padronizar as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, incluindo os aspectos da conformidade e continuidade do fornecimento da energia elétrica.

Em relação ao atendimento ao consumidor, foi emitida a Resolução Normativa nº 414/2010, que atualizou e consolidou as condições gerais de fornecimento.

A Figura 2.1 ilustra a cronologia da regulamentação relativa à qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica. Pode-se perceber claramente uma maior produção de regulamentos nos últimos 15 anos, a partir da Lei nº 8.987/1995.

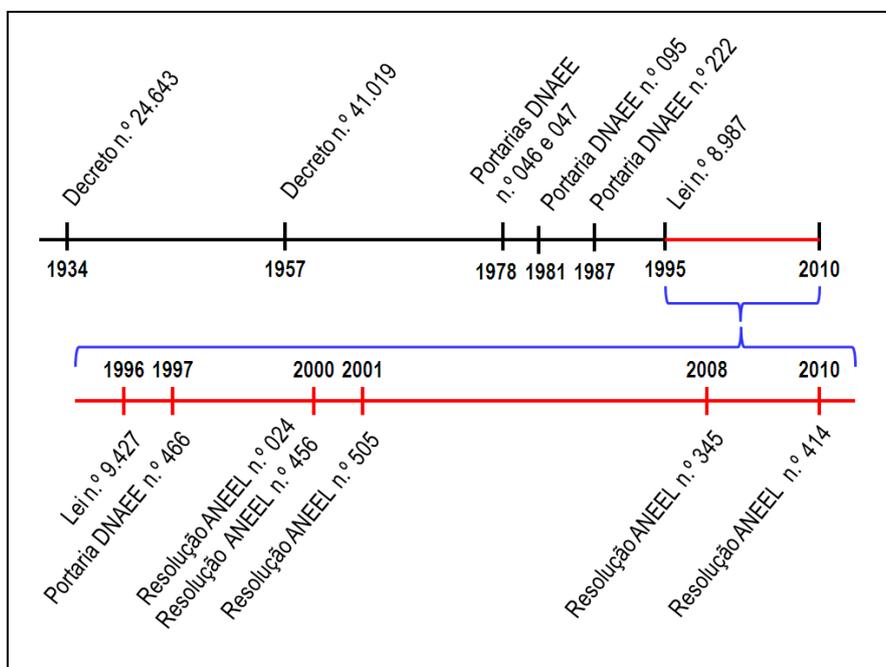


Figura 2.1 - Cronologia da regulamentação relativa à qualidade do serviço.

### **2.3 - DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE ÓTIMA DO SERVIÇO**

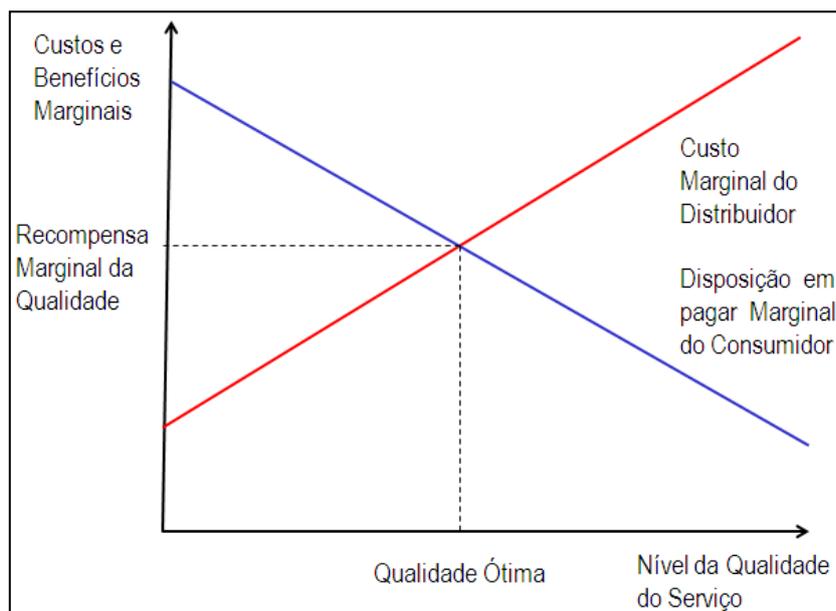
De acordo com o estabelecido na Lei nº 8.987/1995: "serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas".

Por ser um monopólio natural, o serviço de distribuição de energia elétrica é fortemente regulado e requer constantes investimentos, devendo ser garantido ao prestador de serviços o retorno adequado sobre o capital investido. Por sua vez, o consumidor cativo, o qual não pode escolher a empresa prestadora de serviços, tem o direito de receber o serviço com qualidade e pagar uma tarifa adequada.

Para Meyrick & Associates (2002), a qualidade ideal é aquela em que a vontade de pagar de todos os consumidores afetados para ter mais qualidade é exatamente igual ao custo extra devido à qualidade adicional. Idealmente, os consumidores deveriam ter direito de escolher o nível de qualidade que desejam para o serviço e, conseqüentemente, deveriam arcar com o dever de pagar pelos ônus da prestação do serviço com a qualidade escolhida. Entretanto, na realidade, são os reguladores que definem normas para apropriar e identificar os níveis adequados de qualidade.

O nível ideal de qualidade de serviço sempre ocorrerá quando a vontade marginal do consumidor de pagar for igual ao custo marginal da distribuidora para melhorar a qualidade do serviço, conforme ilustrado na Figura 2.2.

Assim, quando atendidos por um serviço em um nível de qualidade abaixo do ideal, os consumidores reconhecem um pequeno aumento na qualidade em um patamar superior ao custo dispensado pelo distribuidor para produzi-lo. Todavia, quando o serviço disponibilizado encontra-se em um nível superior ao considerado ótimo, o custo empregado pelo distribuidor para promover um exíguo aumento na qualidade configura-se mais dispendioso que o reconhecimento dos consumidores. Sappington (2005) afirmou ainda que, embora os consumidores possam sempre valorar níveis mais elevados de qualidade, o custo extra de aumento da qualidade, particularmente em altos níveis, pode exceder o benefício associado incremental para os consumidores.



**Fonte:** Baldwin, R. , Cave, M., 1999. Understanding Regulation: Theory, Strategy, and Practice. Oxford University Press. (modificada).

Figura 2.2 - *Benefícios e custos marginais associados à qualidade.*

Conforme Meyrick & Associates (2002), duas importantes implicações precisam ser consideradas ao interpretar a Figura 2.2: nem todos os consumidores valorizam a qualidade do mesmo modo e nem todas as distribuidoras têm os mesmos custos marginais crescentes com o aumento da qualidade de serviço. Contudo, como a distribuidora normalmente não será capaz de proporcionar a cada um dos consumidores uma escolha customizada de qualidade do serviço e preço, a disposição dos consumidores em pagar deveria ser calculada sempre sobre um grupo relevante de consumidores para determinar o nível ótimo da qualidade serviço.

A fixação de níveis mínimos de qualidade e o cálculo das tarifas são dois assuntos bastante discutidos dentro da regulação do serviço de distribuição. De acordo com Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003), as inovações nos regulamentos de qualidade do serviço têm ficado atrás do regime de regulação por incentivos à eficiência operacional e os reguladores têm empregado sistemas de incentivos parciais para promover a economia de custos, eficiência do investimento e qualidade de serviço.

## **2.4 - INSTRUMENTOS PARA ASSEGURAR NÍVEIS DESEJÁVEIS DE QUALIDADE DO SERVIÇO**

Conforme a literatura sobre a regulação por incentivo à qualidade, são apresentados a seguir os principais instrumentos regulatórios que objetivam assegurar níveis desejáveis de qualidade do serviço.

A apresentação dos instrumentos de incentivo é iniciada pela análise do efeito do estabelecimento de padrões mínimos de qualidade do serviço. A aplicação de penalidades absolutas ou de prêmios e sanções marginais também são avaliadas, seguidas pela comparação de desempenho das distribuidoras de energia elétrica. Por último, são apresentados os regimes de incentivos econômicos baseados no desempenho da qualidade do serviço e de *benchmarking* com qualidade do serviço incorporada.

### **2.4.1 - Padrões Mínimos de Qualidade**

Um instrumento relativamente simples, que os reguladores empregam para garantir níveis mais elevados de qualidade de serviço, é o estabelecimento de padrão mínimo de qualidade. São especificados para cada distribuidora os níveis mínimos de qualidade que devem ser oferecidos aos seus consumidores. Caso esses níveis não sejam alcançados, as concessionárias estariam sujeitas a penalidades financeiras ou a pagamento de compensações aos consumidores.

Sappington (2005) afirmou que o padrão mínimo de qualidade pode ser valioso quando o nível de qualidade faz-se possível de ser verificado e quando o mercado ou as forças reguladoras devem aperfeiçoar níveis de qualidade de serviço relativamente baixos. Entretanto, o desenho de um padrão apropriado para cada aspecto da qualidade do serviço requer um conhecimento aprofundado dos custos de fornecimento de qualidade e dos benefícios derivados aos consumidores.

### **2.4.2 - Penalidades Absolutas**

Penalidades absolutas são valores pré-fixados de multas pagas pelas empresas caso a qualidade seja inferior a um determinado limite. O regulador define tanto o valor da multa quanto o padrão de qualidade.

Na prática, as sanções relativas à qualidade do serviço podem assumir uma variedade de formas. Uma das mais comuns é uma compensação aos consumidores afetados. Conforme Sappington (2005), uma política regulatória que impõe sanções para a baixa qualidade na forma de pagamento aos consumidores afetados pode ser particularmente útil, pois os consumidores podem facilmente controlar os seus níveis de qualidade do serviço realizado, algo que o regulador não consegue realizar para todo o universo de consumidores.

O efeito das penalidades pode ser relativamente forte para atender a determinado nível mínimo de qualidade de serviço, mas não fornecem nenhum estímulo para a distribuidora superar o mínimo especificado. De acordo com a literatura, os valores de multa são normalmente definidos sem relação com a disposição dos consumidores em pagar o custo marginal do distribuidor para obter a qualidade do serviço desejada (Meyrick & Associates, 2002).

O regime de penalidades absolutas implica benefícios sociais e políticos, assegurando que os consumidores sejam protegidos por normas de garantia de qualidade, mesmo sendo economicamente inferiores ao regime de prêmios e sanções marginais. Entretanto, para Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003), na prática, um regime regulatório pode incluir uma combinação de elementos marginais e absolutos.

### **2.4.3 - Prêmios ou Sanções Marginais**

Sob o regime de prêmios ou sanções marginais, as empresas recebem recompensas ou multas por unidade da melhoria ou degradação da qualidade, que devem ser calibradas para refletir o valor marginal que os consumidores atribuem à qualidade.

No equilíbrio, uma empresa que maximiza o lucro escolhe para operar em nível eficiente, que varia de acordo com sua curva de custo marginal individual. Para Sappington (2005), mecanismos desse tipo são referidos como “descentralizados”, uma vez que permitem às empresas escolher o seu próprio nível de oferta de qualidade.

#### **2.4.4 - Comparação de Desempenho**

Nos estágios iniciais da regulação por incentivos, relatórios de desempenho comparativo de qualidade do serviço podem desempenhar um papel bastante útil. Esses relatórios consistem em ferramentas importantes para corrigir a assimetria de informação existente nos mercados de monopólio natural. Quando o consumidor está consciente dos níveis de serviço aos quais está submetido e pode compará-los com aqueles oferecidos por outras empresas, no caso de desempenho inferior, a distribuidora local poderá experimentar uma pressão da sociedade para melhorar a qualidade do seu serviço.

A comparação de desempenho não significa um incentivo relevante para que uma empresa busque superar os níveis de qualidade do serviço das demais, mas a incentivará a certificar-se de que não se encontra muito longe de seus pares. A explicação para esse fato é que não há recompensa para superar a qualidade das outras empresas e, portanto, poucas possibilidades de ser compensado pelos custos incorridos para melhorar a qualidade.

Outra questão importante é a desconsideração dos diferentes ambientes operacionais que as distribuidoras enfrentam na comparação de desempenho. Isso pode gerar falsas expectativas nos consumidores, uma vez que a melhoria da qualidade do serviço seria irreal, pois não poderia acontecer a qualquer custo. Embora seja tecnicamente possível a realização de estudos estatísticos para quantificar e ajustar as diferenças nos ambientes operacionais, de acordo com o trabalho de Meyrick & Associates (2002), esses só devem ser realizados com extrema cautela devido a problemas com a qualidade dos dados.

#### **2.4.5 - Incentivos baseados no desempenho de serviços**

Um meio atrativo de superficialmente combinar a regulação de preço e qualidade do serviço é incorporar medidas de qualidade no cálculo do preço-teto.

De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 234/2006: "Fator X é um percentual a ser subtraído do Indicador de Variação da Inflação – IVI quando da execução dos reajustes tarifários anuais entre revisões periódicas, com vistas a compartilhar com os consumidores os ganhos de produtividade estimados para o período".

O Fator X tem por objetivo principal garantir que o equilíbrio entre receitas e despesas eficientes, estabelecido no momento da revisão tarifária, se mantenha ao longo do ciclo tarifário.

Logo, a incorporação da qualidade do serviço poderia ser conseguida simplesmente acrescentando um termo à fórmula do preço teto, modificando-a de (2.1) para (2.2).

$$\text{Preço Teto} = \text{IVI} - X \quad (2.1)$$

$$\text{Preço Teto}_{\text{Modificado}} = \text{IVI} - X + \Delta Q \quad (2.2)$$

Onde:     IVI é o Indicador de Variação da Inflação;  
          X é o Fator X; e  
           $\Delta Q$  é a melhoria na qualidade do serviço.

Desse modo, uma companhia regulada que melhorasse sua qualidade do serviço, e com isso aumentasse o seu índice de qualidade  $\Delta Q$ , poderia ter a permissão de aumentar seus preços mais rapidamente do que se os seus níveis de qualidade permanecessem constantes. Igualmente, qualquer redução na qualidade do serviço poderia ser acompanhada de uma queda no preço.

#### **2.4.6 - Benchmarking com qualidade do serviço incorporada**

Outra forma de incorporar o desempenho da qualidade do serviço é considerá-lo diretamente no cálculo da eficiência operacional, por meio de metodologias de comparação de desempenho. Esse método será foco do presente trabalho, logo, todas as terminologias aplicadas ao caso serão aprofundadas no decorrer do presente Capítulo.

A introdução de indicadores dos diversos aspectos compreendidos pela qualidade do serviço nas metodologias utilizadas para a verificação da eficiência operacional tem como objetivo, além da modicidade tarifária, a obtenção de níveis de qualidade do serviço economicamente ótimos.

Semelhante aos incentivos baseados no desempenho de serviços, uma empresa que fornece maior qualidade em relação às outras empresas seria autorizada a aumentar o seu preço por um valor que reflete o valor social da maior qualidade. A redução do preço correspondente seria imposta às empresas de baixo desempenho.

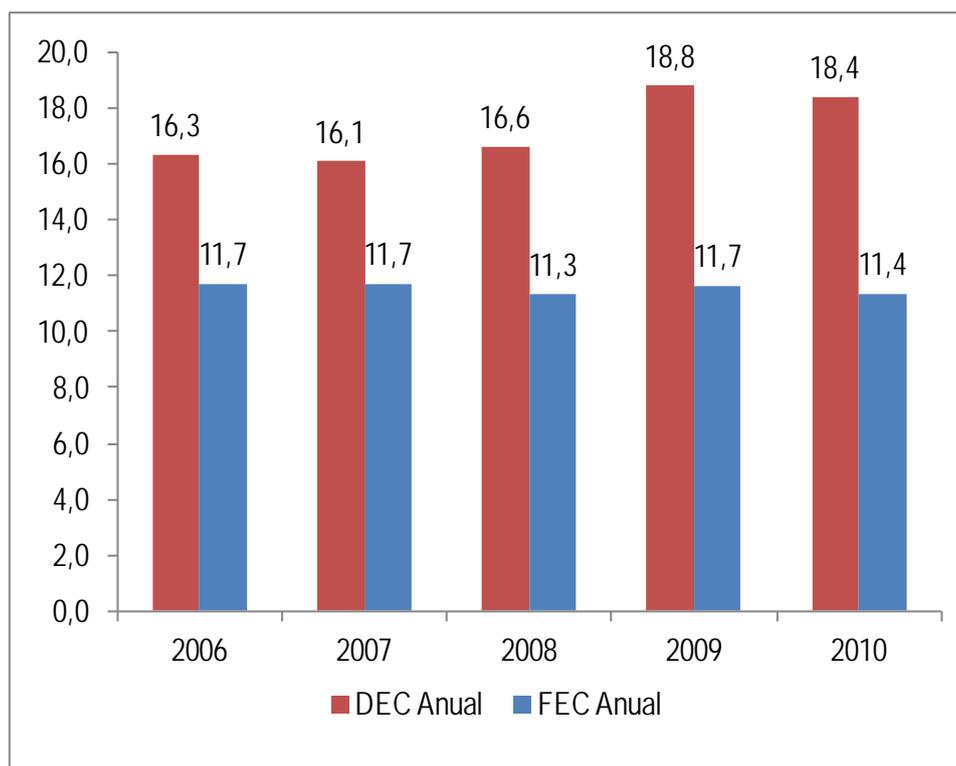
Segundo Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003), esse instrumento visa introduzir os benefícios da dinâmica da concorrência para fornecimento de qualidade: usando *benchmarking*, as empresas regulamentadas efetivamente competem umas contra as outras para entregar um pacote de custo e qualidade do serviço otimizado, minimizando, assim, a necessidade de uma intervenção seletiva por parte do regulador.

De acordo com Meyrick & Associates (2002), o incentivo de qualidade baseado no desempenho dos serviços é a melhor forma de estimular as distribuidoras a melhorar os níveis de qualidade.

## **2.5 - INCORPORAÇÃO DE INCENTIVOS À QUALIDADE DO SERVIÇO NO BRASIL**

Usualmente, os indicadores de continuidade coletivos (DEC – Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora e FEC – Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora) são utilizados para avaliar o desempenho das distribuidoras de energia elétrica quanto ao aspecto de confiabilidade. Esses indicadores são calculados para cada conjunto de unidades consumidoras, e as concessionárias encontraram-se sujeitas à aplicação de penalidades, caso não cumprissem os limites estabelecidos pelo regulador.

O Gráfico 2.1 mostra o desempenho em nível de País para os indicadores de continuidade coletivos, os dados utilizados na confecção do gráfico foram retirados das informações técnicas do *site* da ANEEL.



**Fonte:** Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Informações Técnicas – Indicadores de Qualidade. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=80](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=80)>. Acesso em 17 agosto 2011. (modificada).

Gráfico 2.1 - *Evolução dos indicadores de continuidade do Brasil de 2006 a 2010.*

Da simples observação do Gráfico 2.1, percebe-se que os indicadores não apresentaram melhor desempenho nos últimos anos, principalmente o indicador DEC.

Na verdade, conforme pode ser visualizado no Gráfico 2.2, a razão entre o DEC e o FEC, conhecido informalmente no setor elétrico como Tempo Médio de Interrupção, aumentou de 1,39 horas por interrupção em 2006, para 1,62 horas por interrupção em 2010, um acréscimo de aproximadamente 16%.

Mesmo com o estabelecimento de trajetórias decrescentes para os limites de desempenho dos conjuntos a cada revisão tarifária e com a aplicação de penalidades nos casos de transgressões, o desempenho demonstrado pelas distribuidoras não correspondeu a uma melhoria nos indicadores de continuidade.

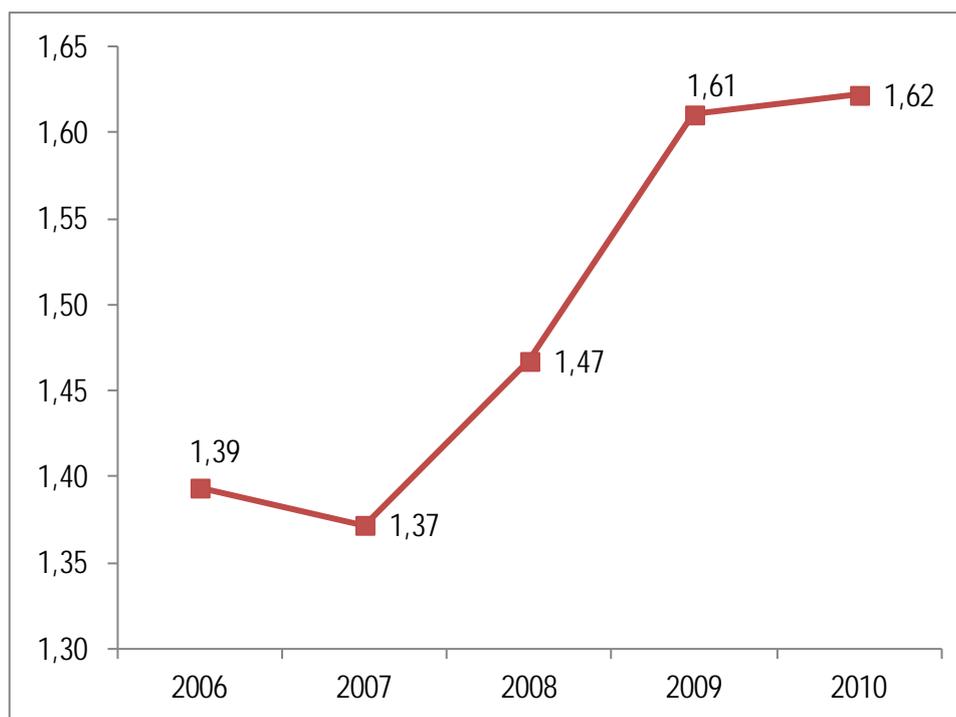


Gráfico 2.2 - *Evolução do Tempo Médio de Interrupção do Brasil de 2006 a 2010.*

Até dezembro de 2009 foram mantidas as penalidades absolutas associadas às transgressões dos limites dos indicadores coletivos, além do pagamento de um valor pecuniário a cada consumidor pela transgressão dos indicadores de continuidade individuais, estabelecidos na Resolução Normativa nº 024/2000. Ou seja, nesse período, foram adotadas duas sistemáticas de incentivo à qualidade do serviço, considerando o aspecto continuidade.

A partir de 2010, foram reavaliados os limites dos indicadores de continuidade individuais para cada conjunto de unidades consumidoras, de maneira que as compensações referentes às transgressões desses indicadores absorvessem o incentivo anteriormente imposto por meio das multas aplicadas pelas transgressões dos indicadores coletivos.

Em relação à conformidade da tensão de fornecimento, apenas a variação da tensão em regime permanente possui limites estabelecidos e compensações pecuniárias aos consumidores que estão submetidos ao serviço inadequado. Vale ressaltar que apenas os consumidores que reclamam ou aqueles que são parte da amostra estabelecida pela a ANEEL têm a possibilidade de detectar a inconformidade da qualidade da tensão de fornecimento. As demais características técnicas do fornecimento, tais como harmônicas e

variações de tensão de curta duração, apesar de possuírem valores de referência definidos, ainda não recebem qualquer forma de incentivo à melhoria de seu desempenho.

Os contratos de concessão já estabeleciam as principais metas associadas à qualidade do atendimento ao consumidor. Muitas destas metas foram replicadas nas Condições Gerais de Fornecimento, além de outras que foram estabelecidas posteriormente. Outros regulamentos específicos instituíram indicadores e limites para o atendimento telefônico e para o tratamento das reclamações dos consumidores. De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 063/2004, transgressões por parte da distribuidora geram penalidades que variam de advertência até 0,01% do faturamento líquido da empresa nos últimos 12 (doze) meses anteriores à lavratura do auto de infração no caso de ultrapassagem de prazos ou divergências nas condições e até 1% no caso de transgressão de limites de indicadores de qualidade do serviço.

A Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010 trouxe uma importante inovação quanto ao incentivo à qualidade do atendimento comercial. Semelhante ao mecanismo já consolidado para os indicadores de continuidade individuais, no caso de transgressões aos padrões de atendimento comercial, ou melhor, de descumprimento dos prazos regulamentares, a distribuidora está obrigada a calcular e efetuar crédito ao consumidor submetido à má qualidade do atendimento comercial.

O desafio atual da regulação do setor elétrico brasileiro é a introdução de incentivos simples e exequíveis para a melhoria da qualidade de serviço, os quais estejam associados ao cálculo das tarifas de energia elétrica.

A Nota Técnica nº 267/2010-SRE/ANEEL, que apresenta preliminarmente a metodologia de cálculo do Fator X a ser aplicada no terceiro ciclo de revisões tarifárias (2011 a 2014) das concessionárias de distribuição de energia elétrica, propõe a introdução de um mecanismo de incentivo à melhoria da qualidade no Fator X. Esta modificação justifica-se pelo fato de o regulador não ter condições de conhecer o nível ótimo de qualidade que a empresa regulada poderia alcançar e, considerando esse contexto, o incentivo tarifário desejável.

O instrumento proposto na Nota Técnica nº 267/2010-SRE/ANEEL é o de incentivo baseado no desempenho do aspecto da qualidade, relacionado com a continuidade do fornecimento de energia elétrica. Logo, a dimensão da qualidade seria avaliada pelos indicadores de continuidade globais. As empresas seriam ranqueadas de acordo com a qualidade do serviço oferecido, determinando a parcela associada à qualidade no cálculo do Fator X.

Por meio da implementação do Indicador de Desempenho Global de Continuidade - DGC, introduzido no Módulo 8 do PRODIST a partir da aprovação da Resolução Normativa nº 444/2011, a Agência adotou mais um instrumento para a promoção da melhoria da qualidade associada a continuidade do fornecimento. Esse indicador tem periodicidade anual e é calculado com base no desempenho relativo global anual para os indicadores DEC e FEC. Consiste na razão do valor apurado pelo limite dos indicadores, tomando a média aritmética simples entre os desempenhos relativos anuais dos indicadores DEC e FEC.

Depois de apurado, o DGC de cada uma das distribuidoras deverá ser publicado no mês de abril de cada ano em ordenação decrescente, podendo as empresas serem divididas em grupos, para melhor classificação. A primeira publicação ocorreu em abril de 2012 e está disponível para consulta na página da ANEEL.

O Módulo 2 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET, que estabelece a Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição, foi aprovado pela Resolução Normativa nº 457/2011. O Submódulo 2.5 trata da abordagem adotada pela ANEEL para o cálculo do Fator X na revisão tarifária periódica.

Na metodologia adotada pela ANEEL, o Fator X é calculado a partir dos ganhos potenciais de produtividade, compatíveis com o crescimento do mercado, do número de unidades consumidoras e da qualidade do serviço, além de promover uma trajetória de custos operacionais eficientes.

De acordo com o estabelecido no PRORET, para atingir esse fim, o Fator X deve ser composto por três componentes, conforme fórmula a seguir:

$$\text{Fator X} = Pd + Q + T \quad (2.3)$$

Onde: *Pd* são os Ganhos de produtividade da atividade de distribuição;  
*Q* é a parcela Qualidade do serviço;  
*T* é a Trajetória de custos operacionais.

A finalidade da parcela *Q* do Fator X é incentivar a melhoria da qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras ao longo do ciclo tarifário, alterando as tarifas de acordo com o desempenho dos indicadores de qualidade. Ressalta-se que a parcela *Q* deverá ser aplicada somente a partir dos reajustes tarifários do ano de 2013.

O valor da parcela *Q* estará sujeito ao desempenho relativo das distribuidoras. Para definição do Indicador de Qualidade do Serviço de cada distribuidora serão comparados, a cada ano civil, os indicadores apurados DEC e FEC, contra os limites definidos pela ANEEL, conforme a seguinte equação:

$$\text{Ind. Qual}(i) = \frac{1}{2} \times \left( \frac{\text{DEC apurado}(i)}{\text{DEC limite}(i)} + \frac{\text{FEC apurado}(i)}{\text{FEC limite}(i)} \right) \quad (2.4)$$

Onde: *Ind. Qual(i)* é o Indicador de qualidade do serviço para fins tarifários;  
*DEC apurado(i)* é o DEC apurado do último ano civil disponível;  
*FEC apurado(i)* é o FEC apurado do último ano civil disponível;  
DEC limite (i) é o limite de DEC definido para o ano civil em que o indicador foi apurado;  
FEC limite (i) é o limite de FEC definido para o ano civil em que o indicador foi apurado.

Seguindo a metodologia estabelecida pela ANEEL, as distribuidoras devem ser segregadas em dois grupos de acordo com seu porte para propiciar a comparação do desempenho relativo. Desta forma, distribuidoras com mercado faturado superior a 1 TWh/ano no ano da apuração dos indicadores serão denominadas de grande porte, sendo as demais denominadas de pequeno porte.

Uma vez calculados os indicadores de qualidade do serviço de cada concessionária, serão consideradas empresas de melhor desempenho aquelas cujo indicador for inferior ao primeiro quartil, considerando todos os indicadores obtidos para as concessionárias de seu grupo. Considerando a definição contraposta, as empresas com pior desempenho serão aquelas cujo indicador superar o terceiro quartil.

A variação anual dos indicadores DEC e FEC será calculada conforme a Equação (2.5) e considerará os valores dos indicadores sem considerar as interrupções decorrentes de causas externas ao sistema de distribuição da concessionária.

$$\text{Var DEC}_I/\text{FEC}_I(i) = \frac{1}{2} \times \left[ \left( \frac{\text{DEC}_{I(t)}(i)}{\text{DEC}_{I(t-1)}(i)} - 1 \right) + \left( \frac{\text{FEC}_{I(t)}(i)}{\text{FEC}_{I(t-1)}(i)} - 1 \right) \right] \quad (2.5)$$

Onde:  $\text{Var DEC}_I/\text{FEC}_I(i)$  é a variação anual média de DEC e FEC da concessionária  $i$ , expurgadas as causas externas ao sistema de distribuição;

$\text{DEC}_{I(t)}(i)$  é o DEC apurado do último ano civil disponível, expurgado causas externas ao sistema de distribuição da concessionária;

$\text{DEC}_{I(t-1)}(i)$  consiste na mesma definição acima, mas apurado no ano anterior;

$\text{FEC}_{I(t)}(i)$  é o FEC apurado do último ano civil disponível, expurgado causas externas ao sistema de distribuição da concessionária;

$\text{FEC}_{I(t-1)}(i)$  consiste na mesma definição acima, mas apurado no ano anterior.

Obtido o valor da variação dos indicadores de continuidade e levando-se em consideração o desempenho da distribuidora com relação à qualidade do serviço prestado, a parcela Q deverá ser especificada conforme a Tabela 2.1, para cada reajuste tarifário.

Tabela 2.1 - Definição da Parcela Q do Fator X.

<b>Var DEC<sub>t</sub>/FEC<sub>t</sub></b>	<b>Regra Geral</b>	<b>Melhores Desempenhos</b>	<b>Piores Desempenhos</b>
Maior que 20%	1,00%	0,50%	1,00%
17% a 20%	0,95%	0,47%	0,95%
14% a 17%	0,79%	0,40%	0,79%
11% a 14%	0,64%	0,32%	0,64%
8% a 11%	0,49%	0,24%	0,49%
5% a 8%	0,33%	0,17%	0,33%
-5% a 5%	0,00%	0,00%	0,00%
-8% a -5%	-0,33%	-0,33%	-0,17%
-11% a -8%	-0,49%	-0,49%	-0,24%
-14% a -11%	-0,64%	-0,64%	-0,32%
-17% a -14%	-0,79%	-0,79%	-0,40%
-20% a -17%	-0,95%	-0,95%	-0,47%
Menor que -20%	-1,00%	-1,00%	-0,50%

Quando a variação anual dos indicadores DEC e FEC superar o limite considerado de 20% ou for inferior ao limite considerado de -20%, o valor de DEC e FEC a ser utilizado para se mensurar a variação no ano seguinte será o limite excedido.

A iniciativa da ANEEL em avançar no sentido de agregar valor ao desempenho das empresas em relação à qualidade do serviço é necessária e oportuna, refletindo sua importância por meio de incentivo no cálculo das tarifas de energia elétrica.

## **2.6 - MEDIÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL**

Como visto na seção anterior, outra forma de incorporar o desempenho da qualidade do serviço é considerá-lo diretamente no cálculo da eficiência operacional, por meio de metodologias de comparação de desempenho.

A principal motivação para a medição da eficiência, relacionada ao desempenho das distribuidoras, é a revisão tarifária periódica. O valor teto das tarifas, o nível de qualidade dos serviços e o índice de ganho de produtividade são ajustados nas revisões tarifárias periódicas, que ocorrem normalmente a cada quatro anos, em média. Essas revisões são indispensáveis para garantir o repasse dos ganhos de produtividade ao consumidor e corrigir possíveis desvios que coloquem em risco a capacidade de investimento das empresas e, conseqüentemente, a sustentabilidade do setor.

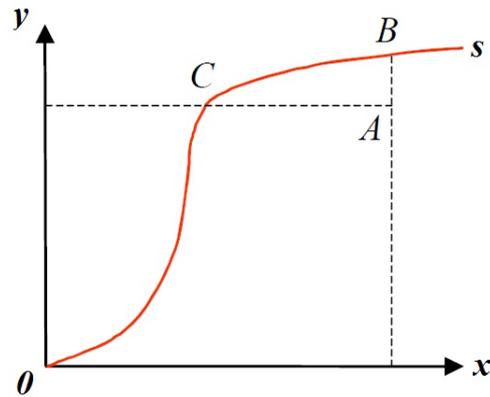
Entretanto, antes de discutirmos as razões da escolha da metodologia de medição da eficiência operacional utilizada no presente trabalho, torna-se necessário conhecer definições formais de termos relacionados ao tema, para uma melhor compreensão.

### **2.6.1 - Eficiência Operacional**

Primeiramente, deverá ser compreendida a diferença entre produtividade e eficiência operacional. Segundo Coelli, Rao, O'Donnell e Battese (1998), a produtividade é definida como sendo a razão entre as saídas que a empresa produz e as entradas que ela utiliza. A eficiência operacional compara o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com os mesmos recursos.

No caso em estudo, a eficiência operacional pode ser entendida como a melhor maneira de realizar a atividade de distribuição de energia elétrica, consumindo-se o mínimo necessário de recursos para obter um serviço adequado. A determinação da eficiência operacional das distribuidoras contribui diretamente na modicidade tarifária.

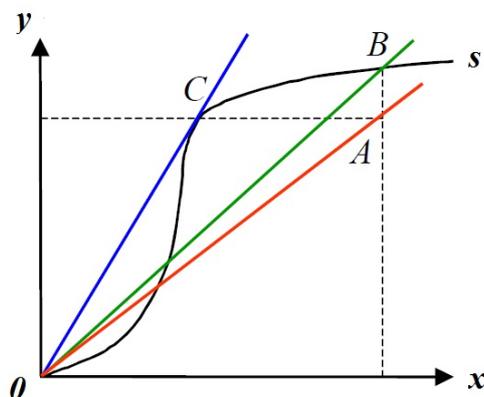
Na Figura 2.3, o eixo  $x$  representa a entrada;  $y$  representa saída; a curva  $s$ , chamada fronteira de eficiência, indica o máximo que foi produzido para cada nível de entrada. A região abaixo da curva é chamada de conjunto de possibilidades de produção (Mello, et al., 2005).



**Fonte:** Mello, J.C.C.B.S., Meza, L.A., Gomes, E.G., Neto, L.B., (2005).  
Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, RS, Brasil.

Figura 2.3 - *Fronteira de eficiência e conjunto viável de produção.*

A Figura 2.4 ilustra a diferença entre os conceitos de produtividade e eficiência. Por estarem localizadas na fronteira de eficiência, as unidades B e C são consideradas eficientes, apenas a unidade C é a mais produtiva. A unidade A é simultaneamente uma unidade não produtiva e não eficiente.



**Fonte:** Mello, J.C.C.B.S., Meza, L.A., Gomes, E.G., Neto, L.B., (2005).  
Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, RS, Brasil.

Figura 2.4 - *Fronteira de eficiência e conjunto viável de produção.*

Existem duas formas básicas de uma empresa não eficiente tornar-se eficiente. A primeira é reduzindo as entradas, mantendo constantes as saídas - orientação à entrada; a segunda é fazendo o inverso - orientação à saída.

Existem várias abordagens para a medição da eficiência operacional em relação a uma fronteira eficiente. Estas abordagens podem ser colocadas em uma das duas grandes categorias: de programação linear (não paramétrico) ou estatísticas (paramétricos).

Os chamados métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido. Normalmente, usam médias para determinar o que poderia ter sido produzido. Outros métodos não paramétricos não fazem qualquer suposição funcional e consideram que o máximo que poderia ter sido produzido é obtido por meio da observação das unidades mais produtivas.

Os métodos para medição do desempenho operacional diferem de acordo com o tipo de medidas que eles produzem, os dados que eles requerem, as considerações que fazem relacionadas com a estrutura de tecnologia e o comportamento econômico dos tomadores de decisão. Alguns métodos também requerem dados de quantidades de entradas e saídas, enquanto outros métodos também requerem dados de preço e várias considerações de comportamento, tais como minimização de custos e maximização de lucro (Coelli, et al., 1998).

### **2.6.2 - Análise Envoltória de Dados - DEA**

A Análise Envoltória de Dados – DEA (do inglês: *Data Envelopment Analysis*) surgiu formalmente em 1978 com o trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com o objetivo de medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Units - DMU*) na presença de múltiplos fatores de produção e múltiplos produtos.

Consiste em um método não paramétrico que utiliza programação linear por partes para calcular a firma mais eficiente, ou fronteira de melhores práticas, em um determinado conjunto de unidades de decisão, que no caso em estudo são as próprias empresas de distribuição de energia elétrica [(Farrel, 1957), (Charnes, et al., 1978) e (Färe, et al., 1985)].

As unidades de decisão ou empresas que compõem a fronteira envolvem aquelas consideradas menos eficientes. Cada empresa é comparada a uma combinação linear de empresas que produzem pelo menos tanto de cada saída quanto a empresa ineficiente com a menor quantidade possível de insumos. A eficiência operacional é calculada com uma pontuação numa escala de 0 a 1, sendo que as empresas mais eficientes recebem pontuação unitária [(Cooper, et al., 2002) e (Coelli, et al., 1998)].

Há dois modelos clássicos de Análise Envoltória de Dados: CCR (de Charnes, Cooper e Rhodes) e BCC (de Banker, Charnes e Cooper). O modelo CCR (também conhecido por CRS ou *Constant Returns to Scale*), adota como hipótese retornos constantes de escala (Charnes et al., 1978). O modelo BCC (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 entrada e saídas.

Como objetivo de apresentar a modelagem matemática, primeiramente, será definida a notação. Consideram-se  $N$  entradas e  $M$  saídas para cada empresa  $I$ . Para a *inésima* empresa, são representados por um vetor coluna  $x_i$  e  $q_i$ , respectivamente. A matriz de entrada  $N \times I$ ,  $X$ , e a matriz de saída  $M \times I$ ,  $Q$ , representam os dados de todas as  $I$  empresas.

Segundo Coelli, Rao, O'Donnell e Battese (1998), uma maneira intuitiva de introduzir a Análise Envoltória de Dados é como forma de razão. Para cada empresa, deseja-se obter uma medida de razão de todas as saídas sobre todas as entradas, tal como  $u'q_j/v'x_i$ , onde,  $u$  é um vetor  $M \times 1$  dos pesos das saídas e  $v$  é um vetor  $N \times 1$  dos pesos das entradas. Os pesos ótimos são obtidos solucionando o problema de programação matemática:

$$\begin{aligned} \max_{u,v} & (u'q_j/v'x_i), & (2.6) \\ \text{sujeito a} & & \\ & u'q_j/v'x_j \leq 1, j=1,2, \dots, I, \\ & u, v \geq 0 \end{aligned}$$

Isso envolve encontrar os valores para  $u$  e  $v$ , tais que a medida de eficiência para a *inésima* empresa é maximizada, sujeito a restrições de que todas as medidas de eficiências devem ser menores ou iguais a um. Um problema com esta particular formulação de razão é que ela possui uma quantidade de soluções infinitas. Para evitar isso, pode-se impor outra restrição  $v'xi = 1$ , a qual fornece:

$$\begin{aligned} \max_{\mu, v} & (\mu'q_i), & (2.7) \\ \text{sujeito a} & v'xi = 1 \\ & \mu'q_j - v'x_j \leq 0, j=1, 2, \dots, I, \\ & \mu, v \geq 0 \end{aligned}$$

Onde a mudança na notação de  $u$  e  $v$  para  $\mu$  e  $v$  é utilizada para expressar que esse é um problema diferente de programação linear.

Utilizando a dualidade na programação linear, pode-se derivar uma forma envoltória equivalente para esse problema:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), & (2.8) \\ \text{sujeito a} & -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Onde  $\theta$  é um escalar e  $\lambda$  é um vetor de constantes  $I \times 1$ . Essa forma envoltória abrange menos restrições do que a forma multiplicativa ( $N+M < I+1$ ) e, assim, é a forma preferida de ser resolvida.

O valor de  $\theta$  obtido é o escore de eficiência para a *inésima* empresa. Ele satisfaz  $\theta \leq 1$ , com um valor de 1 indicando o ponto na fronteira e assim a eficiência técnica da empresa,

de acordo com a definição de Farrel (1957). Note que o problema de programação linear deve ser solucionado  $i$  vezes, uma vez para cada empresa na amostra. Um valor de  $\theta$  é então obtido para cada empresa. Logo, a fronteira é o resultado da rodada de  $i$  problemas de programação linear, um para cada uma das  $I$  empresas.

Como visto, o modelo CCR maximiza o quociente entre a combinação linear das saídas e a combinação linear das entradas, com a restrição de que para qualquer DMU esse quociente não pode ser maior que 1.

A suposição de retornos constantes de escala CCR é apropriada quando empresas estão operando em escala ótima. Entretanto, a competição imperfeita, a regulamentação governamental, restrições financeiras, etc., podem resultar que empresas não operem em uma escala ótima. Vários autores sugerem ajustar o modelo CCR do método DEA para levar em conta a situação de produção com variação de escala.

Utilizam-se as especificações de CCR quando nem todas as empresas estão operando em escala ótima, resultando que as medidas de eficiência operacional possam ser confundidas com as eficiências de escala. O uso das especificações de BCC permite o cálculo da eficiência operacional evitando os efeitos de escala. O problema de programação linear pode ser facilmente modificado para levar em conta os retornos variáveis de escala adicionando uma restrição de convexidade.

$$\begin{aligned}
 \min_{\theta, \lambda} \quad & (\theta), & (2.9) \\
 \text{sujeito a} \quad & -q_i + Q\lambda \geq 0, \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
 & I1\lambda = 1, \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

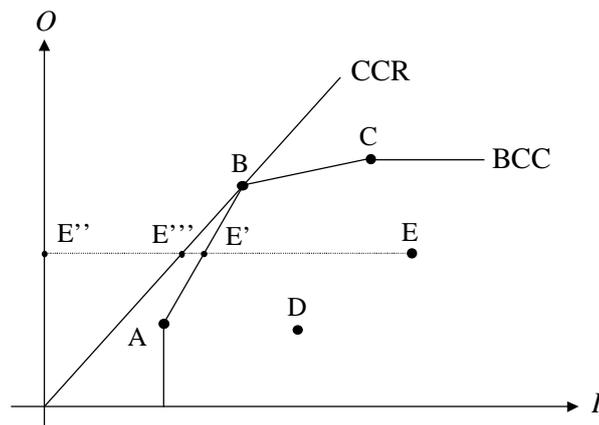
Onde  $I1$  é um vetor de  $I \times 1$ .

Esta abordagem forma uma concha convexa de planos de interseção envolvendo os pontos de dados que estão mais justos do que na concha cônica de CCR e, então, fornece os escores de eficiência operacional, sendo maiores ou iguais àqueles obtidos pelo modelo CCR.

Note que, com a restrição de convexidade ( $\sum \lambda = 1$ ), uma empresa ineficiente somente é comparada contra empresas do mesmo tamanho. Isto é, o ponto projetado (para esta empresa) na fronteira do DEA é uma combinação convexa das empresas observadas.

Esta restrição de convexidade não é imposta no caso de CCR. Assim, considerando o modelo CCR, uma empresa pode ser comparada com empresas que são substancialmente maiores (ou menores) que ela. Por exemplo, os pesos somam valores menores que 1.

A Figura 2.5 ilustra as fronteiras CCR e BCC para um método DEA bidimensional (uma entrada e uma saída). As unidades A, B e C são BCC eficientes; a unidade B é CCR eficiente. As unidades D e E são ineficientes nos dois modelos. A eficiência CCR e BCC da unidade E é dada, respectivamente, por  $\frac{\overline{E''E'''}}{\overline{E''E}}$  e  $\frac{\overline{E'E'}}{\overline{E'E}}$ .



**Fonte:** Mello, J.C.C.B.S., Meza, L.A., Gomes, E.G., Neto, L.B., (2005). Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, RS, Brasil.

Figura 2.5 - Fronteiras BCC e CCR para o caso DEA bidimensional.

Além de identificar as unidades de decisão eficientes, os modelos do DEA permitem medir e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece o

padrão de desempenho para as unidades ineficientes. Esse *benchmark* é determinado pela projeção das unidades ineficientes na fronteira de eficiência. A forma como é feita esta projeção determina orientação do método: orientação à entrada (quando se deseja minimizar as entradas, mantendo os valores das saídas constantes) e orientação à saída (quando se deseja maximizar as saídas sem diminuir as entradas).

#### 2.6.2.1 - Propriedades do método DEA

Ainda conforme Mello, Meza, Gomes, e Neto (2005), os modelos do DEA têm algumas propriedades comuns. Outras são individuais, próprias de cada modelo. Algumas dessas características são:

- Para qualquer modelo do DEA, cada unidade de decisão escolhe seu próprio conjunto de pesos, de modo que seu desempenho seja o melhor possível em relação às demais. Assim, cada unidade de decisão pode ter um conjunto de pesos diferente;
- Todos os modelos são invariantes com a escala de medida, isto é, usar como variável, por exemplo, a extensão da rede de distribuição em km, m ou cm não afeta o resultado;
- Para qualquer modelo do DEA, a unidade de decisão que apresentar a melhor relação entre saídas e entradas será sempre eficiente;
- O modelo CCR tem como propriedade principal a proporcionalidade entre entradas e saídas na fronteira, ou seja, o aumento ou diminuição na quantidade das entradas, provocará acréscimo ou redução proporcional no valor das saídas;
- No modelo BCC, a unidade que tiver o menor valor de uma determinada entrada ou o menor valor de uma certa saída será eficiente. A esta unidade de decisão é chamada de eficiente à partida.

#### 2.6.2.2 - Características do método DEA

O conjunto de empresas adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas em intensidade. Deve ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões.

Uma importante vantagem do método DEA é que as empresas ineficientes são comparadas a empresas reais, em vez de alguma medida estatística. Além disso, como foi visto anteriormente, DEA não exige a especificação de uma função de custo ou de produção. No entanto, os escores de eficiência tendem a ser sensíveis à escolha de variáveis de entrada e saída. Além disso, quanto mais variáveis são incluídas nos modelos, o número de empresas na fronteira aumenta.

Logo, deve-se realizar uma escolha prévia das variáveis, ou seja, identificar quais variáveis poderão compor o método. A escolha deve ser feita a partir de uma ampla lista de possíveis variáveis ligadas ao modelo. Esta listagem permite-nos ter maior conhecimento sobre as unidades a serem avaliadas, explicando melhor suas diferenças. As variáveis devem refletir o melhor possível os aspectos principais da utilização de recursos na atividade de interesse. A decisão de quais variáveis entrarão efetivamente no modelo depende de uma segunda análise, mais aprofundada.

Para uma avaliação dos modelos DEA, devem ser verificadas as correlações estatísticas entre os resultados. De acordo com Lopes (1999) uma correlação negativa indica que as duas variáveis movem-se em direções opostas, e que a relação também fica mais forte quanto mais próxima de menos 1 o índice de correlação ficar. A análise de correlações tem como objetivo avaliar os resultados de cada modelo a partir da composição de entradas e saídas adotada.

#### 2.6.2.3 - Questões metodológicas específicas

Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003) ainda trazem à tona duas questões metodológicas dignas de observação. Primeiro, a definição padrão radial de eficiência, que determina a redução proporcional máxima possível das entradas, enquanto as saídas são mantidas constantes. Uma empresa define a fronteira para uma determinada entrada ou saída recebendo um escore de eficiência unitário, independentemente do quão fracamente ela desempenha com relação a outras entradas e saídas. Logo, se uma unidade de decisão apresenta um excelente desempenho com relação aos custos, atingindo a fronteira de eficiência, ela continuará na fronteira quando acrescentadas as variáveis de qualidade, mesmo que o seu desempenho não seja tão satisfatório.

Segundo, amostras pequenas podem limitar o número de variáveis do modelo. Ao mesmo tempo, é importante capturar todas as principais características da atividade em questão. Este problema não está presente neste estudo, uma vez que a quantidade de empresas que atuam na atividade de distribuição de energia elétrica é expressiva e consegue representar as características da atividade de distribuição de energia elétrica.

## 2.7 - ÍNDICE DE MALMQUIST DE PRODUTIVIDADE

O índice de Malmquist de Produtividade foi introduzido na literatura por Caves, Christensen e Diewert (1982). Nesse artigo, os autores propuseram um índice obtido a partir das funções distância de entradas e saídas de Malmquist para medir a evolução da produtividade. Uma de suas principais vantagens é a possibilidade de ser utilizado ainda que não haja informação suficiente a respeito dos preços de entradas e saídas.

Färe e Grosskopf (1992) foram os primeiros a defender a possibilidade de se obter esse índice utilizando técnicas de programação matemática. A Análise Envoltória de Dados é o método mais empregado nas estimativas do índice de Malmquist, contudo também pode ser obtido utilizando outros modelos, como o de Fronteira Estocástica, por exemplo.

A formulação utilizada no presente trabalho é a mesma adotada por Thanassoulis (2001), como mostrada na Equação (2.10).

$$MI = \left[ \frac{C_{EF_{T0}^{D1}} * C_{EF_{T1}^{D1}}}{C_{EF_{T0}^{D0}} * C_{EF_{T1}^{D0}}} \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

Na equação, o termo  $C_{EF_{T0}^{D1}}$  representa o coeficiente de eficiência calculado utilizando DEA, considerando o modelo CCR para uma unidade de decisão medida em relação a uma tecnologia no ano 0 e os dados de entrada e saída da mesma unidade considerando o ano 1.

A razão do lado esquerdo mede a eficiência da unidade de decisão usando os dados do período 1 ( $D1$ ), com uma tecnologia do ano 0 ( $T0$ ), com relação à eficiência da unidade com os dados da tecnologia do ano 0 ( $D0$  e  $T0$ ).

O lado direito da razão mede a eficiência da unidade utilizando os dados da tecnologia do ano 1 ( $D1$  e  $T1$ ), com relação à eficiência da unidade com os dados do ano 0 ( $D0$ ) e a tecnologia do ano 1 ( $T1$ ).

Uma das vantagens do índice de Malmquist é a possibilidade de decomposição. De acordo com Färe e Grosskopf (1992), o índice pode ser dividido em componentes de captação da produtividade e alteração de fronteira, como descrito na Equação (2.11). O fator de captação da produtividade é uma medida do quanto a unidade se aproximou a fronteira (componente do lado esquerdo). A alteração de fronteira (componente do lado direito) reflete o nível de mudança tecnológica e de inovação.

$$MI = \frac{C\_EF_{T1}^{D1}}{C\_EF_{T0}^{D0}} \times \left[ \frac{C\_EF_{T0}^{D1} * C\_EF_{T0}^{D0}}{C\_EF_{T1}^{D1} * C\_EF_{T1}^{D0}} \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Adicionalmente, Färe, Grosskopf e Lovell (1995) propuseram a decomposição do fator de captação da produtividade em fatores de eficiência pura e de eficiência de escala, de acordo com a Equação (2.12). O fator de captação de eficiência pura (a componente do lado esquerdo) é similar ao fator de captação da eficiência, contudo, é medido contra uma variável retornando uma escalar utilizando o modelo BCC. Enquanto que o fator de captação de eficiência de escala (o componente do meio) mostra como a firma se tornou eficiente em escala.

$$MI = \frac{B\_EF_{T1}^{D1}}{B\_EF_{T0}^{D0}} \times \frac{EE\_EF_{T1}^{D1}}{EE\_EF_{T0}^{D0}} \times \left[ \frac{C\_EF_{T0}^{D1} * C\_EF_{T0}^{D0}}{C\_EF_{T1}^{D1} * C\_EF_{T1}^{D0}} \right]^{1/2} \quad (2.12)$$

Os componentes do índice de produtividade de Malmquist, conforme especificado nas Equações (2.10 - 2.12) podem ser calculados separadamente com Análise Envoltória de Dados. Os componentes de eficiência com dados e tecnologia do mesmo ano podem ser calculados usando o método DEA básico descrito na Equação (2.8). A eficiência temporal cruzada com base na tecnologia do ano 0 e dados do ano 1 pode ser calculada a partir da Equação (2.13) com a especificação utilizada em Thanassoulis (2001).

$$\begin{aligned}
 & \min_{\omega, \lambda} (\omega), & (2.13) \\
 & \text{sujeito a} & \\
 & & -q_1^1 + Q^0 \lambda \geq 0, \\
 & & \omega x_1^1 - X^0 \lambda \geq 0, \\
 & & \lambda \geq 0.
 \end{aligned}$$

Os sobrescritos 1 e 0 para as entradas  $x$  e saídas  $q$  da  $n$ ésima unidade indicam o período de tempo relevante para os dados utilizados para o cálculo da eficiência. Os sobrescritos para a matriz de entrada  $X$  e a matriz de saída  $Q$  indicam o período de tempo para a tecnologia utilizada para o cálculo da eficiência. Esse procedimento pode ser modificado para calcular a eficiência relativa para os componentes restantes da Equação (2.11) com a tecnologia do ano 1 e os dados do ano 0.

## 2.8 - QUALIDADE INCORPORADA AOS ÍNDICES MALMQUIST

O índice de Malmquist pode ser ampliado para levar em conta os atributos da qualidade nas entradas e saídas, além das entradas e saídas comuns (Giannakis, et al., 2003). Deve ser estendido o padrão de entrada-saída do modelo das unidades de decisão com a introdução de um vetor atributo ( $a$ ), cujos componentes devem ser associados à qualidade do fornecimento.

No presente trabalho, para a avaliação da qualidade dos serviços, serão utilizados indicadores de continuidade anuais de cada empresa como atributos de qualidade cuja redução é considerada como desejável.

Foram incluídos os atributos indesejáveis da saída como entradas normais, solução proposta por Yaisawarng e Klein (1994). Em um modelo DEA orientado à entrada, isso pode ser interpretado como se a empresa tivesse que reduzir os atributos de saída indesejáveis, mantendo um determinado nível de saídas.

O modelo de eficiência temporal cruzada da Equação (2.13) pode ser estendido para incorporar a qualidade do serviço como um atributo na Equação (2.14).

$$\begin{aligned} \min_{\omega, \lambda} (\omega), & & (2.14) \\ \text{sujeito a} & & -q^1 + Q^0\lambda \geq 0, \\ & & \omega x^1 - X^0\lambda \geq 0, \\ & & \omega a^1 - A^0\lambda \geq 0, \\ & & \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

Dessa forma, um conjunto de possibilidades de produção para o período 1 pode ser especificado, como na Equação (2.15).

$$T^1 = \{(x^1, a^1, q^1): x^1 \text{ e } a^1 \text{ podem produzir } q^1\} \quad (2.15)$$

Assim,  $s^1$  pode ser definida como a medida da eficiência orientada a entrada na Equação (2.16).

$$s^1(x^1, a^1, q^1) = \min \{s^1: (s^1x^1, s^1a^1, q^1) \in T^1\} \quad (2.16)$$

Seguindo a notação acima, o índice de Malmquist da mudança de produtividade (independente da qualidade) entre os períodos 0 e 1 da Equação (10) pode ser expresso de acordo com a Equação (2.17), onde o índice  $c$  em  $h_c$  indica a avaliação do conjunto de possibilidades de produção utilizando CCR.

$$M^{0,1} = \left[ \frac{h_c^0(x^1, q^1) \times h_c^1(x^1, q^1)}{h_c^0(x^0, q^0) \times h_c^1(x^0, q^0)} \right]^{1/2} \quad (2.17)$$

O índice de Malmquist com qualidade incorporada  $M_a^{0,1}$ , pode ser calculado a partir da Equação (2.18) que é essencialmente o índice de Malmquist nas Equações (2.10 ou 2.17) que se desdobram com o atributo de qualidade  $a$ .

$$M_a^{0,1} = \left[ \frac{s_c^0(x^1, a^1, q^1) \times s_c^1(x^1, a^1, q^1)}{s_c^0(x^0, a^0, y^0) \times s_c^1(x^0, a^0, y^0)} \right]^{1/2} \quad (2.18)$$

A mudança na qualidade com o índice  $M_q^{0,1}$  é definida como especificado na Equação (2.19). (Färe, et al., 1995)

$$M_q^{0,1} = \left[ \frac{s_c^0(x^0, a^1, q^0) \times s_c^1(x^1, a^1, q^1)}{s_c^0(x^0, a^0, q^0) \times s_c^1(x^1, a^0, q^1)} \right]^{1/2} \quad (2.19)$$

Uma comparação das Equações (2.18) e (2.19) revela que  $M_q^{0,1}$  isola os efeitos da mudança na qualidade, realizando em um único período as avaliações das entradas e das saídas, considerando os atributos de qualidade no período.

Assumindo que  $s$  é uma medida que pode ser decomposta em produtos, que representem respectivamente os atributos de qualidade e entradas e saídas comuns, o índice de variação de qualidade pode ser expresso como uma componente separada do índice de Malmquist com qualidade incorporada, como na Equação (2.20).

$$s^0(x^0, a^0, q^0) = u^0(a^0) \times h^0(x^0, q^0) \quad (2.20)$$

É possível expressar a Equação (2.18) como a Equação (2.21) onde  $M^{0,1}$  é um índice de Malmquist independente da qualidade, tal como definido na Equação (2.17).

$$M_a^{0,1} = M_q^{0,1} \times M^{0,1} \quad (2.21)$$

Semelhante a decomposição do índice de Malmquist simples independente da qualidade  $M^{0,1}$  nas Equações (2.11) e (2.12), o índice de Malmquist com qualidade incorporada  $M_a^{0,1}$  pode ser decomposto em componentes de qualidade ( $M_q$ ), de alteração de fronteira ( $F$ ) e captação de produtividade ( $P$ ), conforme Equação (2.22). Na Equação (2.15), verifica-se que a componente de captação de produtividade pode ser ainda decomposta em eficiência pura ( $E_p$ ) e eficiência de escala ( $E_E$ ). Usando Equações (2.19) e (2.21), é obtida a decomposição indicada nas Equações (2.22) e (2.23), que separam a qualidade, eficiência, escala e componentes de tecnologia de variação da produtividade total.

$$M_a^{0,1} = M_q^{0,1} \times F^{0,1} \times P_c^{0,1} \quad (2.22)$$

$$M_a^{0,1} = M_q^{0,1} \times F^{0,1} \times E_p^{0,1} \times E_E^{0,1} \quad (2.23)$$

Na medida em que o índice de Malmquist, calculado usando a Equação (2.21), é semelhante ao da Equação (2.18), o aspecto dos dados da qualidade do serviço pode ser interpretado como consistente com o pressuposto da separação dos fatores. Diferenças significativas nos resultados das duas abordagens podem ser interpretadas como indicação de que simples índices de produtividade independentes da qualidade não refletem a verdadeira medida ou holística da produtividade e, portanto, pode não constituir uma base segura para o cálculo do Fator X (Färe, et al., 1995).

## **2.9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No Capítulo 2 foram abordados os conceitos fundamentais sobre a regulação por incentivo à qualidade do serviço em concessões de serviços públicos de distribuição de energia elétrica.

Foram apresentados os instrumentos utilizados pelas agências reguladoras de serviços públicos para assegurar níveis desejáveis de qualidade. Embora cada um dos instrumentos de regulação por incentivo à qualidade tenha seus pontos fortes e fracos, todos eles têm por objetivo a utilização de estímulos financeiros para a prestação adequada de serviços de qualidade.

Importante ressaltar que existem muitas questões a serem resolvidas, tais como a qualidade dos dados a serem utilizados na implantação dos instrumentos de incentivos baseados em desempenho da qualidade. Outro ponto importante verificado foi a necessidade de uma avaliação criteriosa para a escolha da metodologia que será utilizada e como serão incorporados os aspectos da qualidade no cálculo das tarifas.

Demonstrou-se como o setor elétrico brasileiro vem incorporando os incentivos à qualidade do serviço e as perspectivas para o futuro. A iniciativa da ANEEL em avançar no sentido de agregar valor ao desempenho das empresas em relação à qualidade do serviço é necessária e oportuna, refletindo a importância da qualidade do serviço por meio de incentivo no cálculo das tarifas de energia elétrica.

O método de medição da eficiência operacional escolhido para o desenvolvimento da pesquisa foi a Análise Envoltória de Dados. A base teórica desse método, assim como sua formulação e propriedades intrínsecas foram apresentadas nesse Capítulo.

Como o índice de Malmquist será utilizado para estimar a evolução da eficiência no período, foi apresentado seu alicerce bibliográfico e fundamentação matemática, inclusive para a variação desse índice considerando também os atributos da qualidade.

A variedade de assuntos tratados neste Capítulo, assim como a profundidade em que cada aspecto foi estudado, nos permite concluir que os objetivos originalmente propostos foram alcançados. O conteúdo e as referências bibliográficas lograram constituir uma base sólida para o trabalho a ser construído a partir do próximo capítulo.

### **3 - MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O método da Análise Envoltória de Dados – DEA (*Data Envelopment Analysis*) exige a definição das unidades de decisão que compõem o estudo de desempenho, a definição das variáveis de avaliação no período de estudo (entradas e saídas) e da modelagem que será utilizada. A escolha da ferramenta computacional para subsidiar os cálculos também é uma etapa fundamental para o sucesso do trabalho.

Nesse Capítulo, serão abordados os diversos aspectos relacionados com os recursos utilizados para o desenvolvimento do tema escolhido e para estudo do problema descrito.

#### **3.2 - UNIDADES DE DECISÃO**

Considera-se apropriada a utilização do método DEA no caso da atividade de distribuição de energia elétrica. Esta afirmação encontra-se justificada no fato das empresas estarem sob as mesmas condições de competição para comparação, por se tratar de um ambiente regulado. Portanto, as possíveis vantagens já são ponderadas durante o cálculo da tarifa de energia cobrada por cada uma delas.

Logo, são definidas as unidades de decisão como sendo as concessionárias de distribuição que atuam no setor elétrico brasileiro. Os resultados encontrados pelo DEA, nesse caso, permitirão saber quais distribuidoras são mais eficientes dentre todas as estudadas. Pela concepção do método, pelo menos uma deverá ser eficiente.

A necessidade de obtenção dos dados financeiros e a ressalva da sua disponibilidade somente para as empresas de capital aberto, ou para aquelas que publicaram suas demonstrações contábeis nas suas páginas da *Internet*, restringiram o universo de distribuidoras a serem avaliadas. Do total de 63 empresas, foi possível obter os dados financeiros para 48 distribuidoras. Entretanto, quando se considera a representatividade deste grupo de empresas, verifica-se a abrangência de 98% da quantidade de consumidores e de 94% do total da energia distribuída anualmente.

A Tabela 3.1 informa quais as distribuidoras consideradas no presente estudo separadas pela localização nas regiões geográficas do Brasil. A título de informação, as demais distribuidoras que não fizeram parte do estudo devido à indisponibilidade dos dados financeiros estão listadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.1 - *Unidades de Decisão - 48 Distribuidoras de Energia Elétrica.*

<b>Região</b>	<b>Empresa</b>	<b>Sigla</b>
Centro Oeste	CEB Distribuição S/A.	CEB-DIS
Centro Oeste	Centrais Elétricas Matogrossenses S/A.	CEMAT
Centro Oeste	Companhia Energética de Goiás	CELG-D
Centro Oeste	Companhia Hidroelétrica São Patrício	CHESP
Centro Oeste	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A.	ENERSUL
Nordeste	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA
Nordeste	Companhia Energética de Alagoas	CEAL
Nordeste	Companhia Energética de Pernambuco	CELPE
Nordeste	Companhia Energética do Ceará	COELCE
Nordeste	Companhia Energética do Maranhão	CEMAR
Nordeste	Eletrobrás Distribuição Piauí	CEPISA
Nordeste	Companhia Energética do Rio Grande do Norte	COSERN
Nordeste	Energisa Borborema	EBO
Nordeste	Energisa Paraíba	EPB
Nordeste	Energisa Sergipe	ESE
Norte	Eletrobrás Distribuição Rondônia	CERON
Norte	Centrais Elétricas do Pará S/A.	CELPA
Norte	Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins	CELTINS
Sudeste	Ampla Energia e Serviços S/A.	AMPLA
Sudeste	Bandeirante Energia S/A.	BANDEIRANTE
Sudeste	Caiuá Distribuição de Energia S/A.	CAIUÁ-D
Sudeste	CEMIG Distribuição S/A.	CEMIG-D
Sudeste	Companhia Jaguari de Energia	CJE
Sudeste	Companhia Luz e Força Mococa	CLFM
Sudeste	Companhia Luz e Força Santa Cruz	CLFSC
Sudeste	Companhia Nacional de Energia Elétrica	CNEE
Sudeste	Companhia Leste Paulista de Energia Elétrica	CPEE
Sudeste	Companhia Paulista de Força e Luz	CPFL-Paulista
Sudeste	Companhia Piratininga de Força e Luz	CPFL- Piratininga
Sudeste	Companhia Sul Paulista de Energia	CSPE

<b>Região</b>	<b>Empresa</b>	<b>Sigla</b>
Sudeste	Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas	DMEPC
Sudeste	Elektro Eletricidade e Serviços S/A.	ELEKTRO
Sudeste	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A.	ELETROPAULO
Sudeste	Empresa de Distribuição de Energia Vale Paranapanema S/A.	EDEVPP
Sudeste	Empresa Elétrica Bragantina S/A.	EEB
Sudeste	Empresa Luz e Força Santa Maria S/A.	ELFSM
Sudeste	Energisa Minas Gerais	EMG
Sudeste	Energisa Nova Friburgo	ENF
Sudeste	Espírito Santo Centrais Elétricas S/A.	ESCELSA
Sudeste	Light Serviços de Eletricidade S/A.	LIGHT
Sul	AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.	AES-SUL
Sul	Celesc Distribuição S.A.	CELESC-DIS
Sul	Centrais Elétricas de Carazinho S/A.	ELETROCAR
Sul	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	CEEE-D
Sul	Companhia Força e Luz do Oeste	CFLO
Sul	Cooperativa Aliança	COOPERALIANÇA
Sul	Copel Distribuição S/A.	COPEL-DIS
Sul	Rio Grande de Energia S/A.	RGE

Tabela 3.2 - *Distribuidoras de Energia Elétrica que não participaram do estudo.*

<b>Região</b>	<b>Empresa</b>	<b>Sigla</b>
Nordeste	Companhia Sul Sergipana de Eletricidade	SULGIPE
Norte	Amazonas Energia	AME
Norte	Companhia de Eletricidade do Amapá	CEA
Norte	Companhia Energética de Roraima	CERR
Norte	Eletrobrás Distribuição Acre	ELETROACRE
Norte	Eletrobrás Distribuição Roraima	BOA VISTA
Sul	Companhia Campolarguense de Energia	COCEL
Sul	Departamento Municipal de Energia de Ijuí	DEMEI
Sul	Empresa Força e Luz João Cesa Ltda.	EFLJC
Sul	Empresa Força e Luz Urussanga Ltda.	EFLUL
Sul	Força e Luz Coronel Vivida Ltda.	FORCEL
Sul	Hidroelétrica Panambi S/A.	HIDROPAN
Sul	Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda.	IENERGIA
Sul	Muxfeldt Marin & Cia. Ltda.	MUX-Energia
Sul	Usina Hidro Elétrica Nova Palma Ltda.	UHENPAL

### 3.3 - ESCOLHA DAS VARIÁVEIS

As características estruturais básicas dos sistemas de distribuição de energia elétrica e as tecnologias utilizadas nos mesmos são semelhantes em todo o mundo, no entanto, estudos de eficiência comparativa podem adotar diferentes tipos de variáveis de entrada e saída.

De acordo com Hattori, Jasmab e Pollitt (2002), isso reflete a falta de consenso sobre como estes serviços devem ser modelados. Por exemplo, uma variável utilizada como entrada em um estudo pode ser usada em outros, como saída. A abundância de variáveis usadas também pode ser explicada, em certa medida, pela falta de dados ou pela pouca confiabilidade deles.

Apesar de não haver uma concordância firme sobre as variáveis que melhor descrevem o funcionamento dos serviços de distribuição, é inegável a importância que a escolha das variáveis de entrada e saída assume no método DEA. As variáveis devem refletir o melhor possível os aspectos principais da utilização de recursos na atividade de interesse.

Jasmab e Pollit (2001) descrevem as variáveis mais amplamente utilizadas em estudos de *benchmarking* de empresas de distribuição de energia elétrica. Os custos de operação, número de empregados, capacidade de transformação e extensão da rede estão entre os insumos mais utilizados nos modelos. As saídas mais utilizadas incluem as unidades de energia fornecida e número de clientes.

Nesse estudo, são empregadas semelhantes medidas monetárias e físicas das entradas e saídas já amplamente utilizadas em estudos de *benchmarking*, juntamente com as variáveis de qualidade de serviço.

Os dados utilizados são, necessariamente, de fontes de informações disponíveis para consulta pública. Buscou-se utilizar dados de domínio público, disponíveis na *Internet*, representando um banco de informações confiável, acessível e que pode ser utilizado como ferramenta de consulta e pesquisa.

### 3.3.1 - Entradas

Segundo Hattori, Jasmab e Pollitt (2002), sempre que possível, é preferível representar as entradas em termos monetários. Na formulação do problema a ser estudado, as entradas são as variáveis monetárias de custos e despesas operacionais, ou gastos operacionais, abreviados por CDO e gastos totais, que compreendem o CDO mais investimentos na atividade de distribuição, abreviados por CDOI.

O CDO reflete os custos controláveis e são representados pelos seguintes gastos: energia comprada, pessoal, materiais, serviços de terceiros, depreciação e amortização, outros custos operacionais, despesas com vendas, gerais e administrativas e outras despesas operacionais.

Embora o uso de variáveis monetárias seja benéfico do ponto de vista regulamentar, pode suscitar preocupações sobre a consistência dos dados. Quantidades financeiras podem ser afetadas por convenções contábeis e políticas, que podem conter divergências. Dessa forma, a decisão de considerar o total dos custos e despesas operacionais buscou minimizar a questão da atribuição de diferentes nomenclaturas pelas distribuidoras em suas demonstrações contábeis para a mesma origem do gasto.

Os dados relacionados aos custos e despesas operacionais foram obtidos a partir das Demonstrações Contábeis disponibilizadas pelas empresas de capital aberto na página da CVM - Comissão de Valores Imobiliários, ou seja, as sociedades anônimas cujo capital social é formado por ações livremente negociadas no mercado. Ademais, foram consideradas também empresas que não são de capital aberto, mas que tinham disponíveis na *Internet* suas demonstrações contábeis. Os valores de CDO e CDOI associados a cada distribuidora no período de estudo estão relacionados no Apêndice A.

Nos Gráficos 3.1 a 3.3 são mostradas as estratificações dos gastos, custos e despesas operacionais no período considerado para as 48 distribuidoras. Observa-se no Gráfico 3.1 que a parcela mais representativa dos gastos operacionais está associada aos custos com energia elétrica, chegando a 68% dos gastos totais.

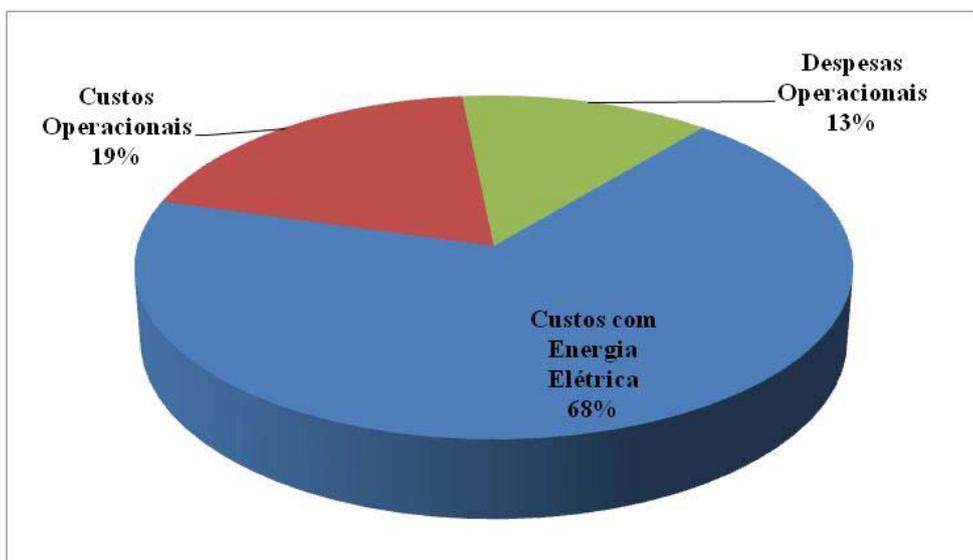


Gráfico 3.1- *Estratificação dos Gastos Operacionais Totais (2007-2010).*

O Gráfico 3.2 mostra que para os custos operacionais, os custos com pessoal e com serviços de terceiros representam em conjunto aproximadamente 57% do total. O restante dos custos operacionais está relacionado principalmente com a depreciação e amortização, e também com o custo de materiais.

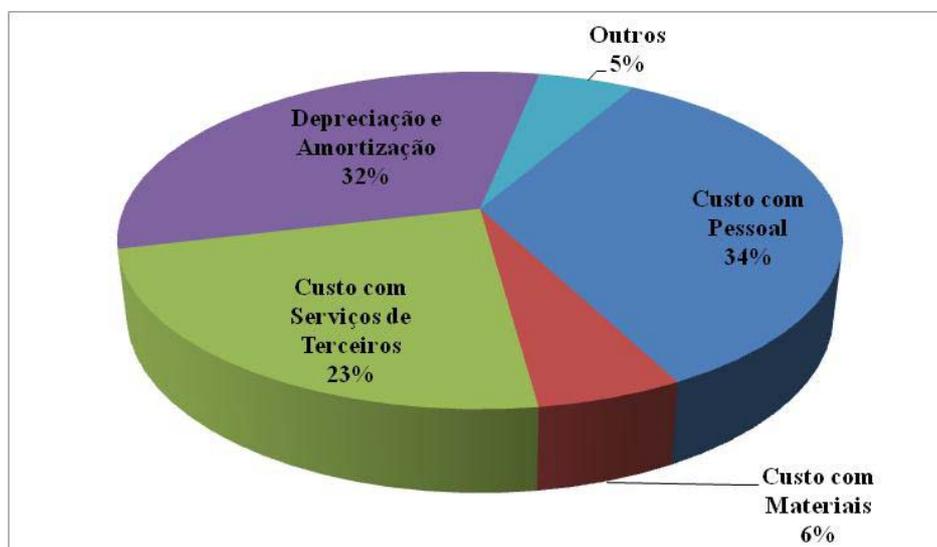


Gráfico 3.2 - *Estratificação dos Custos Operacionais (2007-2010).*

A estratificação das despesas operacionais, conforme ilustrado no Gráfico 3.3, demonstra que as despesas gerais e administrativas são as mais representativas, contribuindo com 54% do total. As despesas com a venda correspondem a 30% e outras despesas representam os demais 16% do total das despesas operacionais.

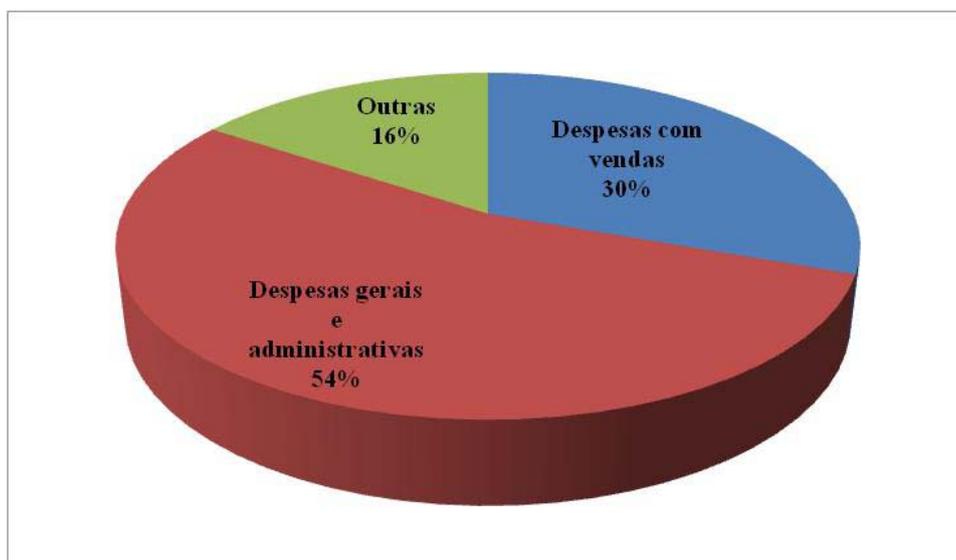


Gráfico 3.3 - *Estratificação das Despesas Operacionais (2007-2010).*

O Gráfico 3.4 demonstra o comportamento das variáveis monetárias ao longo do período de observação. Verifica-se que os custos e despesas operacionais são crescentes a uma taxa praticamente constante. A taxa média de crescimento anual dos custos e despesas é de 7,8%. Considerando ainda os investimentos, ou seja, para a variável CDOI, o comportamento é bastante semelhante, aumentando a uma taxa anual média de 7,9%.

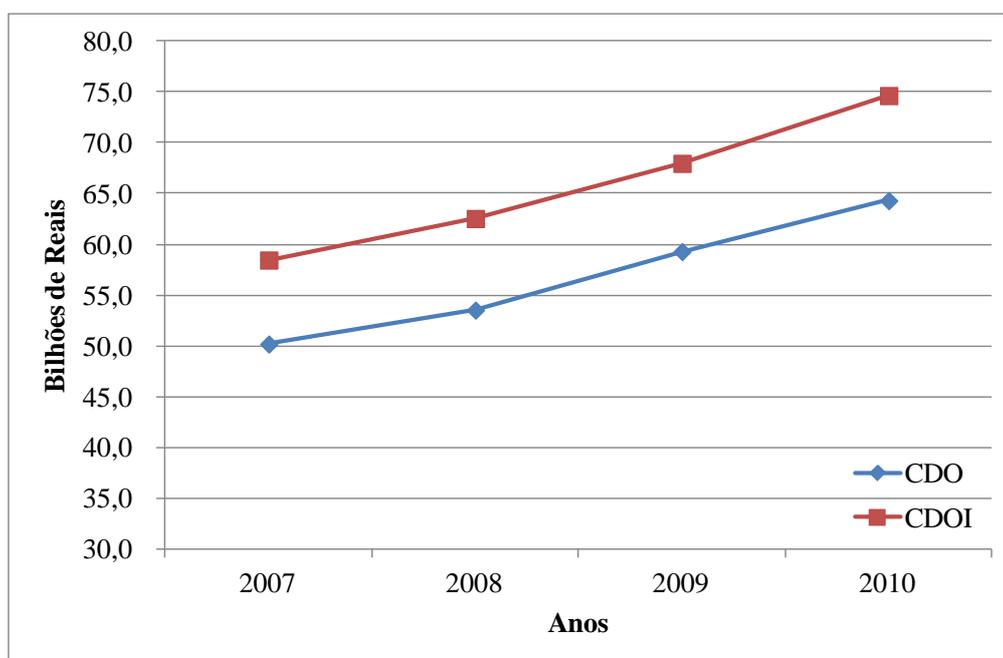


Gráfico 3.4 - *Evolução das variáveis monetárias (2007-2010).*

### 3.3.2 - Saídas

As variáveis físicas utilizadas como saídas nos modelos são:

- Número Total de Unidades Consumidoras (NUC),
- Energia Total Distribuída (ETD), e
- Comprimento Total da Rede de Distribuição (CTR).

Para Burns e Weyman-Jones (1996), essas variáveis estão entre os fatores de custo mais importantes na distribuição de energia elétrica. Os dados das variáveis físicas foram obtidos a partir do SAD - Sistema de Apoio a Decisão disponível na página da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e dos Relatórios da Administração das empresas disponibilizados também na *Internet* nas respectivas páginas das empresas, conforme indicado nas referências bibliográficas. Todos os dados das variáveis físicas utilizadas nesta pesquisa estão relacionados no Apêndice A.

Os Gráficos 3.5, 3.6 e 3.7, apresentam a variação das variáveis físicas consideradas para as 48 empresas analisadas.

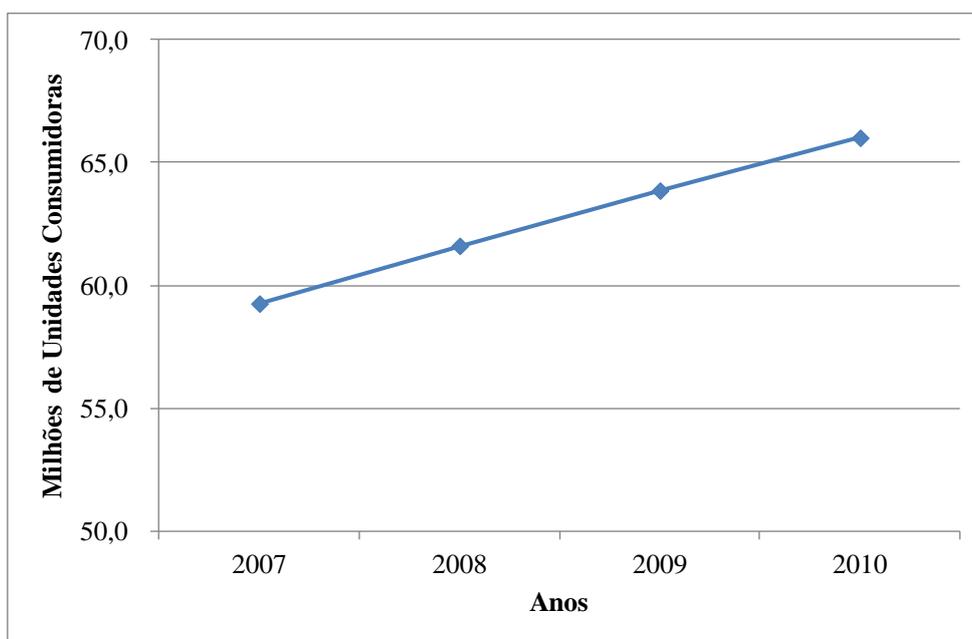


Gráfico 3.5 - *Número Total de Unidades Consumidoras (2007-2010).*

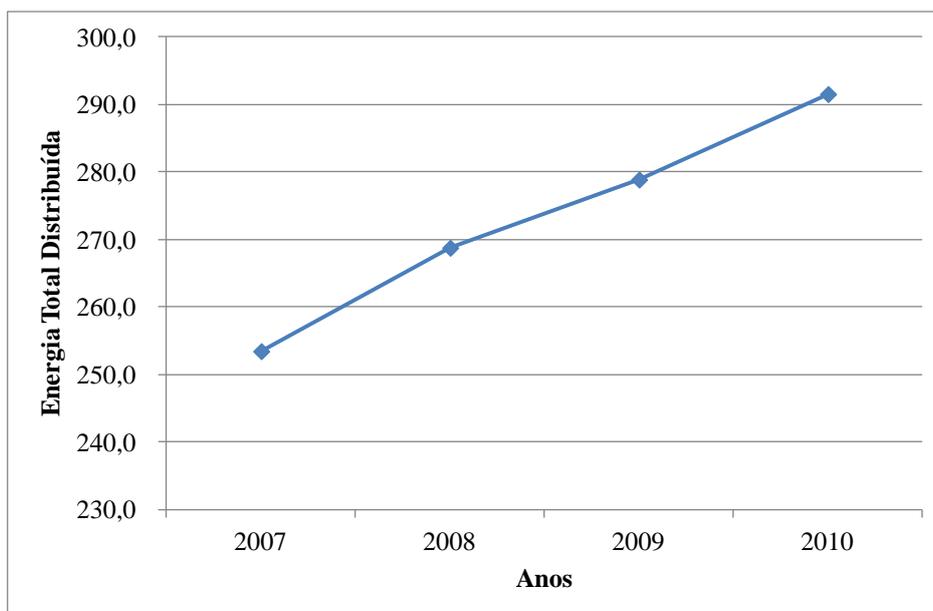


Gráfico 3.6 - *Energia Total Distribuída (2007-2010).*

O Comprimento Total da Rede de Distribuição abrange a extensão das redes em baixa e média tensão, ou seja, as redes elétricas que fazem a ligação da unidade consumidora até o transformador de baixa tensão e dos transformadores de baixa tensão até as subestações. Não estão contabilizadas as linhas de distribuição para interligação entre subestações e nem de conexão das subestações até as usina produtora de energia.

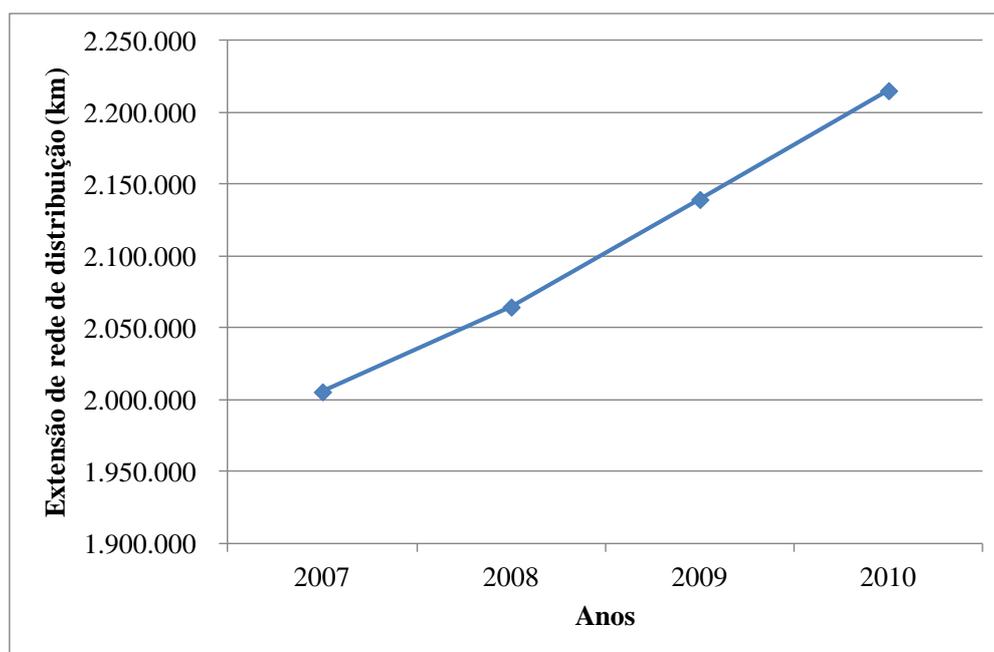


Gráfico 3.7 - *Comprimento Total da Rede de Distribuição (2007-2010).*

### 3.3.3 - Variáveis da Qualidade do Serviço

Na presente trabalho, os indicadores de continuidade definidos no PRODIST são adotados como variáveis representativas da qualidade do serviço nos modelos. Esses indicadores são amplamente reconhecidos no setor elétrico e medem:

- Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (DEC); e
- Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (FEC)

Ainda segundo o PRODIST, considera-se a duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, DEC, como sendo o intervalo de tempo que, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora da distribuidora considerada ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

O FEC, ou frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, é definido como o número de interrupções ocorridas, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora da distribuidora considerada. Para ambos indicadores, o período de apuração considerado foi anual.

Para calcular os indicadores de continuidade globais das distribuidoras para os anos de 2007 a 2010 foram utilizados os indicadores anuais dos conjuntos de unidades consumidoras disponíveis na página da ANEEL. Depois de obtidos os indicadores de cada concessionária, foram calculados os valores correspondentes dos indicadores para o grupo das 48 empresas elegidas. Todos os dados das variáveis físicas utilizadas nesta pesquisa estão relacionados no Apêndice A.

Os indicadores de continuidade para o grupo de empresas foi calculado utilizando as seguintes fórmulas:

$$DEC_{48 \text{ empresas}} = \frac{\sum_{i=1}^{48} DEC_i \times CC_i}{\sum_{i=1}^{48} CC_i} \quad (3.1)$$

$$FEC_{48 \text{ empresas}} = \frac{\sum_{i=1}^{48} FEC_i \times Cc_i}{\sum_{i=1}^{48} Cc_i} \quad (3.2)$$

Onde:  $DEC_i$  é o DEC global anual da  $i$ -ésima empresa;

$FEC_i$  é o FEC global anual da  $i$ -ésima empresa;

$Cc_i$  é o número total de unidades consumidoras faturadas da  $i$ -ésima distribuidora, no ano considerado, atendidas em BT ou MT.

O Gráfico 3.8 compara o comportamento do indicador DEC calculado para o grupo de 48 empresas com a variação do mesmo indicador calculado para o Brasil no período de 2007 a 2010. Observa-se que o desempenho dos dois indicadores foi semelhante, havendo um aumento significativo da duração média das interrupções no período considerado.

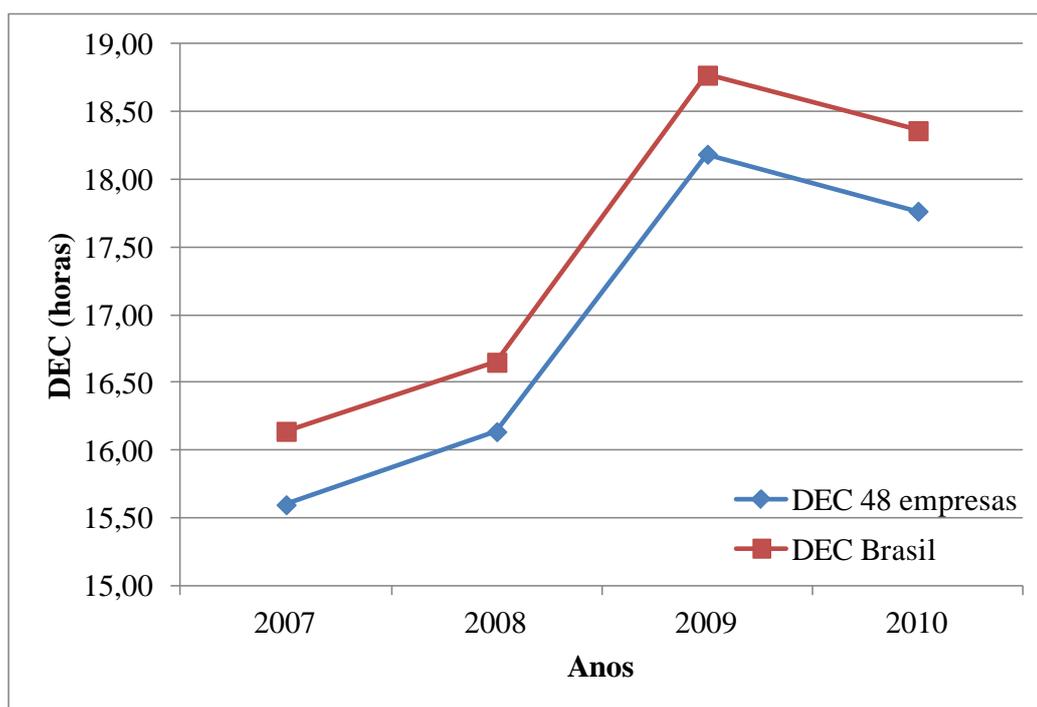


Gráfico 3.8 - DEC do grupo de 48 empresas e do Brasil (2007-2010).

O Gráfico 3.9 permite visualizar a mesma comparação anterior, agora considerando o indicador FEC. Nesse caso, percebe-se uma tendência de redução da quantidade média de interrupções tanto para o conjunto de empresas do estudo, assim como para o indicador global brasileiro.

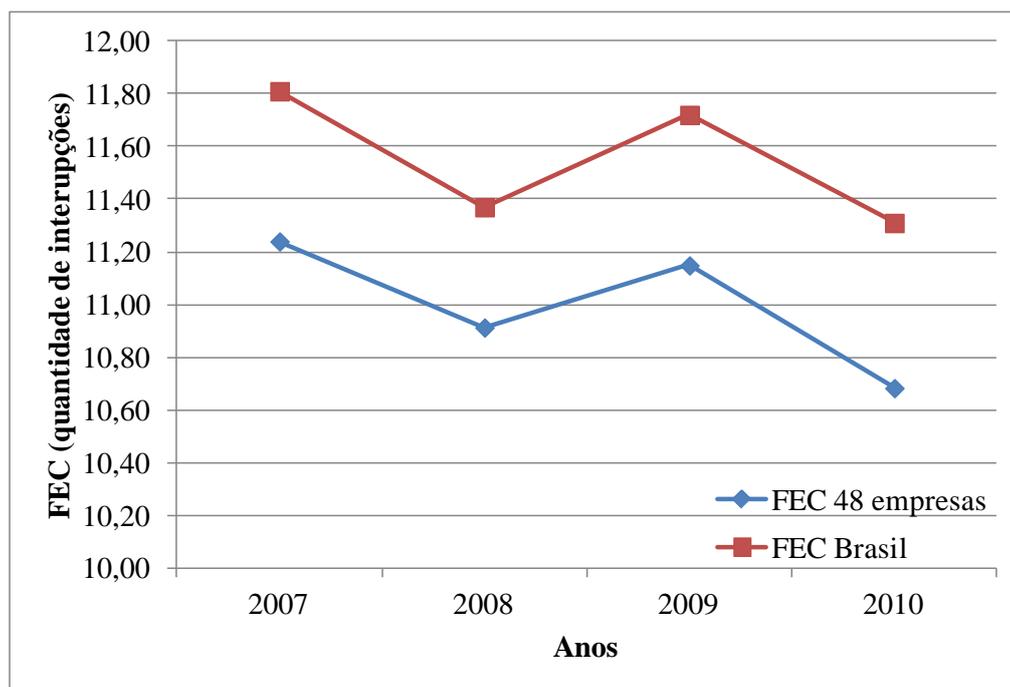


Gráfico 3.9 - *FEC do grupo de 48 empresas e do Brasil (2007-2010).*

Importante observar que os indicadores de continuidade são considerados como entradas dos modelos. De acordo com Yaisawarng e Klein (1994), os atributos de saída indesejáveis podem ser incluídos como entradas ordinárias. Segundo Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003), em um modelo do DEA orientado à entrada, isso pode ser interpretado como se uma empresa pudesse reduzir os atributos de saída indesejáveis, neste caso, considerados como entradas, mantendo um dado nível de saídas ordinárias.

### **3.4 - FERRAMENTAS PARA RESOLUÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

#### **3.4.1 - Rotina formulada em *Matlab*®**

Embora estejam disponíveis para *download* gratuitos na *Internet* diversos programas utilizados para resolução da Análise Envoltória de Dados, para este estudo foi desenvolvido uma rotina em *Matlab*® com o objetivo de ser empregada como ferramenta computacional de auxílio na formulação e resolução do DEA.

O programa *Matlab*® da empresa *The MathWorks*<sup>TM</sup>, cujo nome corresponde à MATrix LABoratory, foi desenvolvido para a operação com matrizes, aspecto fundamental para o equacionamento do DEA, sendo escolhido para aplicação neste estudo devido à robustez e flexibilidade. A rotina desenvolvida encontra-se detalhada no Apêndice B.

Uma vez equacionada a rotina em *Matlab*®, verificou-se a necessidade de uma validação formal da consistência dos resultados apresentados para cada um dos modelos CCR e BCC, tanto para a orientação à entrada como à saída.

Inicialmente, recorreu-se à bibliografia, buscando a comparação com os resultados dos exemplos numéricos apresentados em Coelli, et al. (1998) e Cooper, et al. (2002). Após a realização de vários exemplos e da conferência dos valores numéricos obtidos a partir da rotina em *Matlab*®, considerou-se concluída a primeira etapa dos procedimentos para validação formal.

Na etapa final dos procedimentos adotados para validação do programa em *Matlab*®, foram comparados os resultados obtidos a partir dele com os valores obtidos em duas outras ferramentas computacionais amplamente utilizadas para a resolução do DEA.

### **3.4.2 - SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão)**

O primeiro programa empregado para comparação dos resultados do método DEA foi o programa SIAD (Sistema Integrado de Apoio a Decisão) versão 3.0. Desenvolvido pelo grupo de pesquisa em Análise Envoltória de Dados (DEA) e Multicritério da Universidade Federal Fluminense formado por Lídia Angulo Meza, Luiz Biondi Neto, Soares Mello e Eliane Gomes, essa ferramenta encontra-se disponível para *download* gratuito no endereço <[www.uff.br/decisao](http://www.uff.br/decisao)>.

O SIAD foi elaborado para a resolução dos modelos DEA clássicos, além de possuir módulos específicos para soluções com restrições de pesos e fronteira invertida (Mello, et al., 2005). Foi criado em Delphi 7.0 para ser utilizado em plataforma Windows e possui capacidade de trabalhar com até 150 unidades de decisão e 20 variáveis de entrada e saída, possibilitando assim as comparações necessárias para validação dos resultados obtidos por meio da rotina em *Matlab*®.

### 3.4.3 - DEAP (Data Envelopment Analysis Program)

Além do SIAD, também foi utilizado para checagem dos resultados iniciais o programa DEAP (*Data Envelopment Analysis Program*) versão 2.1, desenvolvido por Coelli (1998). O DEAP também encontra-se disponível para *download* gratuito no endereço <<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm>>.

O programa DEAP foi desenvolvido para conduzir análises de DEA com o propósito de calcular as eficiências de produção. Três opções principais estão disponíveis no programa de computador. A primeira envolve a solução dos modelos CCR e BCC do DEA, ou seja, o cálculo dos ganhos de eficiência técnica e de escala (Färe, et al., 1994). A segunda opção analisa a extensão desses modelos para explicar a eficiência de custos e alocativa. Finalmente, a terceira opção considera a aplicação de Malmquist no método DEA para calcular os fatores totais de produção (FTP) e as mudanças tecnológicas e de eficiência de escala.

Foram comparados os resultados do teste inicial (que será apresentado na Seção 4.1) obtidos por meio da rotina em *Matlab*® com as soluções alcançadas em cada um dos programas, SIAD e DEAP. A comparação dos resultados obtidos a partir da rotina desenvolvida em *Matlab*® com os fornecidos pelas outras duas ferramentas computacionais será apresentada no próximo Capítulo.

### 3.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram apresentadas nesse capítulo as unidades de decisão adotadas no estudo, ou seja, o conjunto de 48 concessionárias de distribuição de energia elétrica. Não puderam ser consideradas todas as distribuidoras devido à dificuldade no acesso das informações financeiras e contábeis para as empresas que não são de capital aberto.

Também foram definidas as entradas e saídas, motivando a escolha de cada variável. Para cada delas foram informadas a representatividade, abrangência e a fonte dos dados obtidos. São utilizadas como entradas as variáveis monetárias de custos e despesas operacionais e de gastos totais, como também, os indicadores de continuidade globais DEC e FEC. Foi esclarecida a atribuição dos indicadores de continuidade como entradas, uma vez que,

neste caso, representam saídas indesejáveis. Outras informações como a estratificação e evolução das variáveis monetárias foram ilustradas por meio de gráficos. Foram escolhidas como variáveis de saída: número total de unidades consumidoras, energia total distribuída e comprimento total da rede de distribuição.

Devido à sua robustez e flexibilidade, a ferramenta computacional *Matlab*® foi escolhida para subsidiar os cálculos. Desenvolveu-se uma rotina em *Matlab*® para formulação e resolução do DEA. Foi estabelecido um procedimento de validação que consiste na comparação de resultados verificados na literatura e em outros dois programas amplamente utilizados neste tipo de aplicação: SIAD e DEAP.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Inicialmente, busca-se identificar a sensibilidade das modelagens CCR e BCC do DEA por meio de um teste inicial, incluindo as orientações à entrada e à saída e avaliando também a influência do acréscimo de variáveis.

São especificados cada um dos modelos a serem avaliados para obtenção do desempenho das distribuidoras escolhidas entre os anos de 2007 a 2010. Em seguida, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do método DEA, considerados os modelos propostos e ambas modelagens CCR e BCC. Também são discutidos a correlação entre os resultados de cada modelo, o efeito da quantidade de variáveis dos modelos e a influência dos efeitos de escala na determinação do desempenho.

Os principais pontos de discussão são estabelecidos, propiciando uma visão geral das contribuições do trabalho. Os resultados do Modelo Qualidade são analisados mais detalhadamente. Observam-se os *rankings* médios anuais tanto em CCR como em BCC, identificando os pontos de interesse na aplicação do DEA para a avaliação do desempenho das concessionárias de distribuição de energia elétrica.

Por fim, apresenta-se e discute-se a variação da produtividade ao longo do período de estudo por meio dos índices de Malmquist, incluindo a variável qualidade.

### **4.2 - RESULTADOS DA VALIDAÇÃO DA ROTINA EM *MATLAB*®**

Estão indicados nas Tabelas 4.1 a 4.3 os resultados obtidos na primeira etapa da validação da rotina desenvolvida em *Matlab*® para formulação e resolução do modelo DEA. Na Tabela 4.1 apresentam-se os valores de eficiência para o Exemplo 3.7 de Cooper, et al. (2002), o qual foi calculado utilizando a modelagem CCR e orientação à entrada.

As duas outras tabelas exibem os resultados da comparação das eficiências obtidas nos exemplos das Tabelas 6.1 e 6.2 de Coelli, et al. (1998) com os valores da rotina

empregada. Nos exemplos da literatura para estes dois últimos casos foram usadas as modelagens CCR e BCC respectivamente, ambas orientadas à entrada.

Tabela 4.1 – *Resultados em CCR para validação com Cooper, et al. (2002).*

<b>Unidade de Decisão</b>	<b>Entradas 1</b>	<b>Entradas 2</b>	<b>Saídas</b>	<b>Eficiência literatura</b>	<b>Eficiência calculada pela rotina</b>
A	4	3	1	0,8571	0,8571
B	7	3	1	0,6316	0,6316
C	8	1	1	1,0000	1,0000
D	4	2	1	1,0000	1,0000
E	2	4	1	1,0000	1,0000
F	10	1	1	1,0000	1,0000
G	3	7	1	0,6667	0,6667

Tabela 4.2 – *Resultados em CCR para validação com Coelli, et al. (1998).*

<b>Unidade de Decisão</b>	<b>Entradas 1</b>	<b>Entradas 2</b>	<b>Saídas</b>	<b>Eficiência literatura</b>	<b>Eficiência calculada pela rotina</b>
1	2	5	1	0,500	0,5000
2	2	4	2	1,000	1,0000
3	6	6	3	0,833	0,8333
4	3	2	1	0,714	0,7143
5	6	2	2	1,000	1,0000

Tabela 4.3 – *Resultados em BCC para validação com Coelli, et al. (1998).*

<b>Unidade de Decisão</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>	<b>Eficiência literatura</b>	<b>Eficiência calculada pela rotina</b>
1	2	1	1,000	1,0000
2	4	2	0,625	0,6250
3	3	3	1,000	1,0000
4	5	4	0,900	0,9000
5	6	5	1,000	1,0000

Nessa primeira etapa da validação, verificou-se uma precisão excelente para os valores de eficiência obtidos a partir da rotina em relação àqueles informados nos exemplos fornecidos pela literatura.

A segunda etapa de validação, ou seja, a checagem dos valores obtidos com a rotina em *Matlab*® com os resultados dos programas SIAD e DEAP foi realizada para todos os casos do teste inicial que é apresentado na próxima seção. Também para essa etapa da validação não houve divergência entre as resoluções e a precisão alcançada foi também excelente, podendo-se considerar validada a rotina desenvolvida e habilitando-a para resolução do problema proposto no presente trabalho.

### 4.3 - TESTE INICIAL

Antes de começar o estudo dos modelos formulados, realizou-se um teste inicial com menos variáveis e também com uma quantidade menor de empresas. O objetivo da realização do teste foi uma avaliação das modelagens CCR e BCC, como também a verificação das orientações à entrada e à saída e avaliação da influência do acréscimo de variáveis. O teste inicial foi realizado com apenas quatro empresas e considerando somente o ano de 2010. Para cada caso do teste inicial foram realizadas quatro simulações:

- i. Modelo CCR com orientação à entrada;
- ii. Modelo CCR com orientação à saída;
- iii. Modelo BCC com orientação à entrada;
- iv. Modelo BCC com orientação à saída.

No Caso A, considera-se como entrada a variável que engloba os custos e despesas operacionais mais investimentos (CDOI) e como saída o número de consumidores (NUC). Note que a quantidade de consumidores é bastante similar para as quatro empresas escolhidas. A Tabela 4.4 apresenta as variáveis do Caso A com a respectiva ordem de produtividade.

Tabela 4.4 - Variáveis do Caso A.

Agente	Entrada - CDOI (em bilhões de R\$)	Saída - NUC (em milhões de consumidores)	Entrada/Saída (R\$/consumidor)	Ordem de Produtividade
CELPE	2,58	3,09	833	1
COPEL-DIS	4,86	3,76	1.293	3
CPFL-Paulista	4,32	3,60	1.201	2
LIGHT	5,07	3,67	1.384	4

Os resultados do Caso A estão demonstrados na Tabela 4.5. As simulações do modelo CCR, tanto orientado à entrada como à saída, obedeceram à ordem de produtividade mostrada na Tabela 4.4. Já para as simulações do modelo BCC, os resultados são distintos, pois as unidades de decisão apresentaram valores de escores de eficiência na fronteira. A explicação na diferença dos resultados encontra-se na formulação da modelagem em BCC que considerada situações de eficiência de produção com variação de escala e não assume proporcionalidade entre entradas e saídas (Banker, et al., 1984). A única empresa que não atinge a fronteira é justamente aquela considerada menos eficiente em CCR.

*Tabela 4.5 - Teste inicial - Resultados do Caso A.*

<b>Escore de Eficiência</b>				
<b>Agente</b>	<b>CCR orientado à entrada</b>	<b>CCR orientado à saída</b>	<b>BCC orientado à entrada</b>	<b>BCC orientado à saída</b>
CELPE	1,00	1,00	1,00	1,00
COPEL-DIS	0,65	1,55	1,00	1,00
CPFL-Paulista	0,70	1,44	1,00	1,00
LIGHT	0,60	1,65	0,90	1,02

Para o Caso B, foram consideradas as mesmas variáveis do caso anterior, apenas acrescentando como variável de saída energia total distribuída (ETD). As variáveis do Caso B e a respectiva ordem de produtividade estão indicadas na Tabela 4.6.

*Tabela 4.6 - Teste inicial - Variáveis do Caso B.*

<b>Agente</b>	<b>Entrada - CDOI (em bilhões de R\$)</b>	<b>Saída acrescida - ETD (em GWh)</b>	<b>Entrada/Saída acrescida (R\$/GWh)</b>	<b>Ordem de Produtividade</b>
CELPE	2,58	9.972	258	3
COPEL-DIS	4,86	21.303	228	2
CPFL-Paulista	4,32	20.602	210	1
LIGHT	5,07	19.460	261	4

Como a CPFL-Paulista apresentou a melhor razão entre a saída acrescentada (ETD) e à entrada (CDOI), ela melhorou seu escore de eficiência de 0,7 no Caso A para 1,00 no Caso B, atingindo assim a fronteira de eficiência. Os resultados do Caso B estão demonstrados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - *Teste inicial - Resultados do Caso B.*

Escore de Eficiência				
Agente	CCR orientado à entrada	CCR orientado à saída	BCC orientado à entrada	BCC orientado à saída
CELPE	1,00	1,00	1,00	1,00
COPEL-DIS	0,92	1,08	1,00	1,00
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1,00	1,00
LIGHT	0,82	1,21	0,90	1,02

No Caso C, o comprimento total da rede de distribuição (CTR) foi incluído nas variáveis de saída. A Tabela 4.8 apresenta as variáveis do Caso C com a respectiva ordem de produtividade.

Tabela 4.8 - *Teste inicial - Variáveis do Caso C.*

Agente	Entrada - CDOI (em bilhões de R\$)	Saída acrescida - CTR (em km)	Entrada/Saída acrescida (R\$/km)	Ordem de Produtividade
CELPE	2,58	70.635	36.471	2
COPEL-DIS	4,86	180.676	26.897	1
CPFL-Paulista	4,32	78.930	54.727	3
LIGHT	5,07	22.541	225.018	4

Como a COPEL-DIS apresentou a melhor razão entre a saída acrescentada (CTR) e à entrada (CDOI), ela melhorou seu escore de eficiência de 0,92 no Caso B para 1,00 no Caso C, atingindo assim a fronteira de eficiência, conforme pode ser verificado na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - *Teste inicial - Resultados do Caso C.*

Escore de Eficiência				
Agente	CCR orientado à entrada	CCR orientado à saída	BCC orientado à entrada	BCC orientado à saída
CELPE	1,00	1,00	1,00	1,00
COPEL-DIS	1,00	1,00	1,00	1,00
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1,00	1,00
LIGHT	0,82	1,21	0,90	0,90

Da mesma forma, no Caso D apenas foi acrescentado o FEC às entradas, mantendo também o CDOI como entrada. Como saída, foi considerado apenas o número de

consumidores (NUC), excluindo as demais saídas. Como o FEC já é um indicador que expressa uma média ponderada, a razão dele pela quantidade de consumidores não tem um significado apropriado, serve apenas para indicar que, como saída indesejada representada por uma entrada, o seu valor deve ser o menor possível. As variáveis do Caso D e a respectiva ordem de produtividade estão indicadas na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - *Teste inicial - Variáveis do Caso D.*

Agente	Entrada - acrescida FEC (interrupções)	NUC (em milhões de consumidores)	Entrada/Saída (interrupções/milhões de consumidores)	Ordem de Produtividade
CELPE	7,27	3,09	2,4	3
COPEL-DIS	9,46	3,76	2,5	4
CPFL-Paulista	5,04	3,60	1,4	1
LIGHT	5,76	3,67	1,6	2

No Caso D, a CPFL-Paulista foi a empresa que apresentou o melhor resultado de FEC no ano 2010 entre as quatro escolhidas. Desta forma, esta situação foi agregada aos valores de eficiência obtidos para cada modelo. Comparando com o Caso A, a eficiência da CPFL-Paulista subiu de 0,7 no Caso A para 1,00 no Caso D, atingindo assim a fronteira de eficiência. Os resultados do Caso D estão demonstrados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - *Teste inicial - Resultados do Caso D.*

Agente	Escores de Eficiência			
	CCR orientado à entrada	CCR orientado à saída	BCC orientado à entrada	BCC orientado à saída
CELPE	1,00	1,00	1,00	1,00
COPEL-DIS	0,77	1,30	1,00	1,00
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1,00	1,00
LIGHT	0,89	1,12	1,00	1,00

De forma preliminar, foi avaliada a influência do acréscimo de variáveis no teste inicial. Verificou-se que quanto mais variáveis são incluídas nos modelos, o número de empresas na fronteira aumenta, reforçando assim que a quantidade de variáveis deve ser limitada, sendo sua escolha de extrema relevância.

#### 4.4 - ESPECIFICAÇÕES DOS MODELOS

Não existe uma definição clara na literatura de qual modelagem, CCR ou BCC, deve ser aplicada ao estudo do desempenho de distribuidoras de energia elétrica. Dessa forma, foram empregadas ambas as modelagens nas simulações realizadas e, posteriormente, é possível compará-las, identificando aquela que melhor se adequou, apresentando resultados mais consistentes.

Somente a especificação de orientação à entrada foi avaliada no estudo de eficiência das distribuidoras. Essa opção justifica-se no fato dela ser considerada por Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003) como a forma mais adequada para a atividade em estudo, uma vez que os serviços de distribuição de energia elétrica consistem em demanda derivada, estando além do controle da concessionária, e que tem que ser cumprida independentemente dos recursos disponíveis.

Tendo como objetivo determinar o desempenho na perspectiva de custos como também de qualidade, foram construídos quatro modelos do DEA, cada um com uma combinação distinta de variáveis. A Tabela 4.12 resume as entradas de custo, saídas e atributos de qualidade utilizados.

Tabela 4.12 - *Especificação dos modelos de DEA.*

Variável	Modelo CDO	Modelo CDOI	Modelo Qualidade	Modelo CDOI - Qualidade
CDO	Entrada			
CDOI		Entrada		Entrada
DEC			Entrada	Entrada
FEC			Entrada	Entrada
NUC	Saída	Saída	Saída	Saída
ETD	Saída	Saída	Saída	Saída
CTR	Saída	Saída	Saída	Saída

O Modelo CDO é o modelo básico e usa o total de custos e despesas operacionais como única entrada e número total de unidades consumidoras, energia total distribuída e comprimento total da rede de distribuição como saídas.

Os Modelos CDOI, Qualidade e CDOI - Qualidade avaliam as empresas com relação a:

- (i) custos e despesas operacionais mais os gastos associados aos investimentos na atividade de distribuição de energia;
- (ii) qualidade do serviço, considerando a dimensão continuidade do fornecimento de energia elétrica; e
- (iii) CDOI e a qualidade combinada, respectivamente.

O uso dos custos e despesas operacionais mais os gastos associados aos investimentos no Modelo CDOI é justificado com base nas preocupações dos reguladores sobre o desequilíbrio dos incentivos para a realização de gastos operacionais e de poucos investimentos em bens de capital associados à atividade de distribuição de energia elétrica.

O Modelo Qualidade utiliza DEC e FEC como entradas. A escolha destas variáveis baseia-se na premissa de que dados os níveis de produção física, representados pelas saídas: número total de unidades consumidoras, energia total distribuída, e comprimento total da rede de distribuição, as empresas devem minimizar a quantidade e duração das interrupções. O Modelo Qualidade é o que apresenta a maior quantidade de variáveis de entrada e saída, excetuando-se o Modelo CDOI - Qualidade.

O Modelo CDOI - Qualidade reúne as entradas utilizadas no Modelo CDOI e no Modelo Qualidade. Os escores de eficiência calculados a partir do Modelo CDOI - Qualidade são iguais aos maiores escores correspondentes aos Modelos CDOI e Qualidade. Esta é uma propriedade geral de medidas de eficiência radial, que não pode ser reduzida mediante a incorporação de mais variáveis em um modelo (Giannakis, et al., 2003).

#### **4.5 - ESCORES DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL**

Os modelos DEA definidos anteriormente foram resolvidos utilizando ambas estruturas CCR e BCC. Todos os anos do período de estudo foram considerados. A Tabela 4.13 mostra os escores médios de eficiência operacional calculados para as distribuidoras no período de 2007 a 2010. Para o cálculo dos escores médios foram somados os resultados obtidos para cada ano do estudo e divididos pela quantidade de anos do período.

No Apêndice C estão tabelados os resultados obtidos considerando todos os modelos e cada ano do período.

Tabela 4.13 - *Escores médios de eficiência das distribuidoras - 2007 a 2010.*

Distribuidora	Modelo CDO		Modelo CDOI		Modelo Qualidade		Modelo CDOI - Qualidade	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
AES-SUL	0,855	0,930	0,850	0,958	0,145	0,310	0,950	0,958
AMPLA	0,623	0,648	0,625	0,695	0,245	0,380	0,705	0,710
BANDEIRANTE	0,720	0,793	0,743	0,863	0,245	0,540	0,875	0,878
CAIUÁ-D	0,805	0,813	0,865	0,875	0,055	0,488	0,893	0,918
CEAL	0,663	0,670	0,720	0,728	0,070	0,218	0,755	0,758
CEB-DIS	0,753	0,808	0,748	0,838	0,103	0,268	0,835	0,843
CEEE-D	0,635	0,685	0,698	0,775	0,105	0,225	0,760	0,775
CELESC-DIS	0,723	0,820	0,740	0,875	0,388	0,475	0,873	0,875
CELG-D	0,800	0,995	0,855	1,000	0,253	0,333	1,000	1,000
CELPA	0,790	0,805	0,673	0,725	0,040	0,090	0,733	0,733
CELPE	0,808	0,825	0,883	0,945	0,373	0,565	0,950	0,960
CELTINS	1,000	1,000	0,948	1,000	0,040	0,105	1,000	1,000
CEMAR	1,000	1,000	0,880	0,958	0,125	0,233	0,973	0,978
CEMAT	0,880	1,000	0,790	0,940	0,148	0,223	0,950	0,960
CEMIG-D	0,733	1,000	0,790	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,678	0,680	0,763	0,798	0,035	0,103	0,810	0,810
CERON	0,723	0,738	0,720	0,815	0,045	0,120	0,820	0,828
CFLO	0,848	0,918	0,883	0,945	0,020	0,788	0,883	0,990
CHESP	0,920	1,000	1,000	1,000	0,005	0,205	1,000	1,000
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	0,018	0,468	1,000	1,000
CLFM	0,908	0,948	0,828	0,855	0,015	0,583	0,860	1,000
CLFSC	0,795	0,800	0,850	0,863	0,068	0,635	0,888	0,943
CNEE	0,748	0,763	0,790	0,800	0,023	0,413	0,800	0,835
COELBA	0,995	1,000	0,938	1,000	0,543	0,623	1,000	1,000
COELCE	0,803	0,805	0,833	0,893	0,630	0,818	0,978	1,000
COOPERALIANÇA	0,555	0,690	0,598	0,718	0,015	0,940	0,608	1,000
COPEL-DIS	0,818	0,980	0,833	0,993	0,703	0,713	0,978	0,993
COSERN	0,980	0,985	0,978	1,000	0,145	0,418	1,000	1,000
CPEE	0,810	0,820	0,790	0,810	0,015	0,393	0,823	0,883
CPFL- Piratininga	0,778	0,860	0,788	0,928	0,348	0,680	0,940	0,948
CPFL-Paulista	0,798	0,955	0,825	0,988	0,985	1,000	1,000	1,000
CSPE	0,895	0,908	0,910	0,923	0,018	0,383	0,938	0,980
DMEPC	0,615	0,633	0,560	0,575	0,033	0,885	0,603	0,908

Distribuidora	Modelo CDO		Modelo CDOI		Modelo Qualidade		Modelo CDOI - Qualidade	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
EBO	0,883	0,930	0,955	0,965	0,020	0,260	0,958	0,968
EDEVP	0,760	0,765	0,855	0,870	0,048	0,510	0,893	0,923
EEB	0,700	0,708	0,728	0,740	0,023	0,305	0,750	0,760
ELEKTRO	0,870	0,930	0,885	0,985	0,485	0,705	0,993	1,000
ELETRCAR	0,723	0,838	0,793	0,870	0,000	0,170	0,800	0,988
ELETROPAULO	0,763	1,000	0,800	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,910	0,923	0,835	0,890	0,023	0,363	0,908	0,980
EMG	0,745	0,750	0,830	0,928	0,053	0,265	0,955	0,975
ENERSUL	0,808	0,853	0,808	0,930	0,230	0,463	0,995	1,000
ENF	0,710	0,788	0,768	0,815	0,010	0,208	0,770	0,850
EPB	0,918	0,918	0,963	0,990	0,055	0,173	0,995	0,998
ESCELSA	0,708	0,725	0,708	0,755	0,210	0,498	0,778	0,795
ESE	0,818	0,828	0,848	0,875	0,055	0,260	0,878	0,885
LIGHT	0,655	0,773	0,673	0,800	0,583	0,733	0,813	0,825
RGE	0,700	0,743	0,705	0,778	0,183	0,370	0,783	0,785
<b>Média</b>	<b>0,794</b>	<b>0,849</b>	<b>0,809</b>	<b>0,880</b>	<b>0,208</b>	<b>0,456</b>	<b>0,884</b>	<b>0,921</b>

Os Gráficos 4.1 e 4.2 apresentam os mesmos resultados da Tabela 4.13 para cada uma das modelagens do DEA. Percebe-se com mais facilidade por meio da representação gráfica quais empresas atingiram a fronteira de eficiência ou ficaram bastante próximas, assim como as diferenças entre os escores de eficiência obtidos para cada modelo simulado. Também pode-se observar claramente que o Modelo Qualidade foi o que apresentou os menores escores médios de eficiência em ambos os modelos CCR e BCC, enquanto que o Modelo CDOI - Qualidade foi aquele que apresentou a maior quantidade de distribuidoras na fronteira de eficiência.

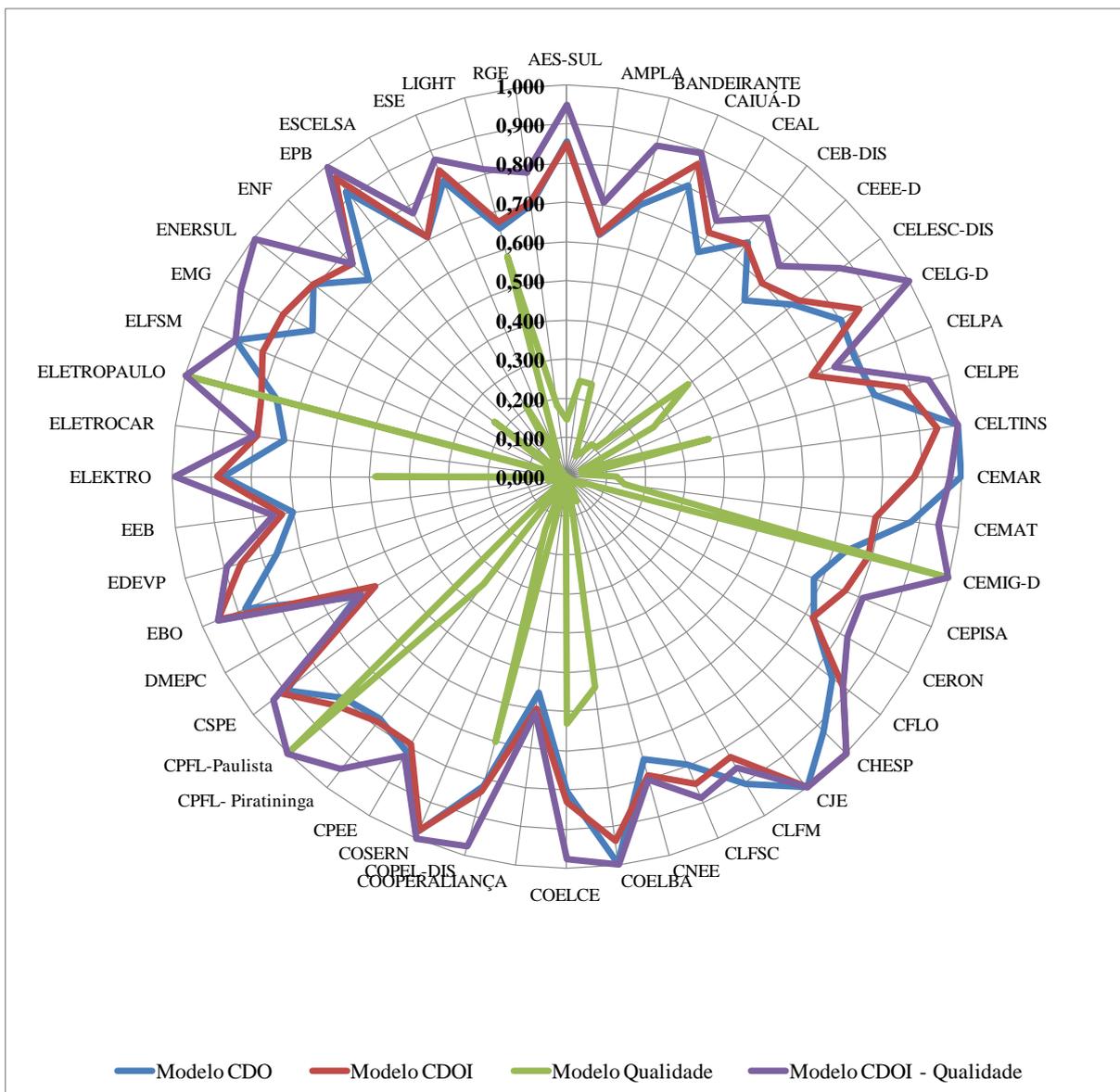


Gráfico 4.1 - Escores médios de eficiência em CCR no período de 2007 a 2010.

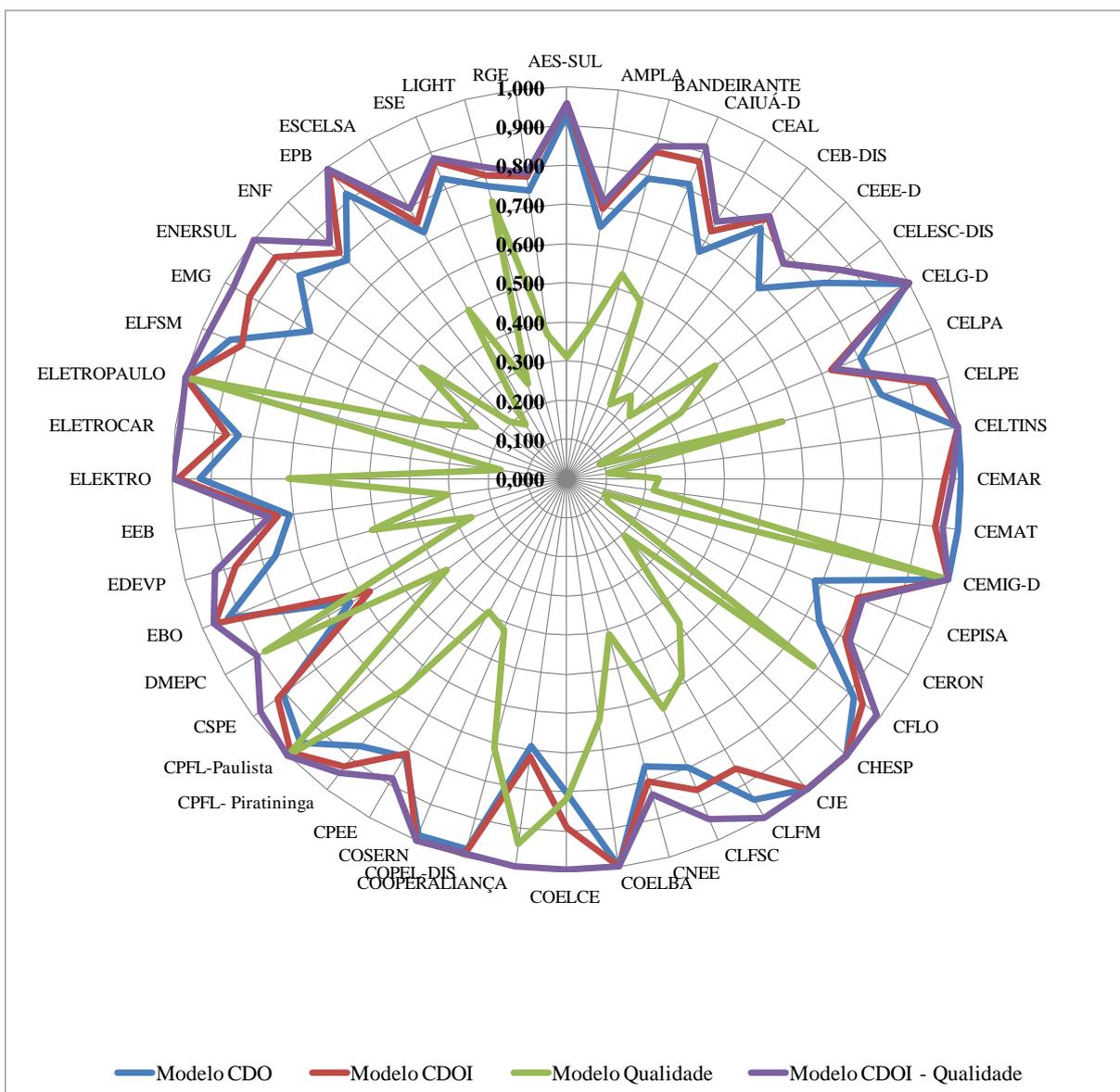


Gráfico 4.2 - Escores médios de eficiência em BCC no período de 2007 a 2010.

#### 4.6 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

Os coeficientes de correlação para as pontuações de eficiência são apresentados na Tabela 4.14. É interessante observar que o Modelo Qualidade apresentou correlações negativas, tanto em CCR como em BCC, quando considerados os modelos CDO e CDOI em CCR. Isso significa que as variáveis movem-se em direções opostas, ou seja, as empresas que obtiveram os maiores escores de eficiência em um modelo, foram aquelas que apresentaram o pior desempenho no outro.

Tabela 4.14 - *Correlação dos Escores médios de eficiência.*

Modelos	CDO (BCC)	CDOI (CCR)	CDOI (BCC)	Qualidade (CCR)	Qualidade (BCC)	CDOI - Qualidade (CCR)	CDOI - Qualidade (BCC)
CDO (CCR)	0,83	0,88	0,75	<b>-0,05</b>	<b>-0,17</b>	0,76	0,61
CDO (BCC)	-	0,76	0,89	0,33	0,12	0,84	0,75
CDOI (CCR)	-	-	0,85	<b>-0,02</b>	<b>-0,15</b>	0,84	0,66
CDOI (BCC)	-	-	-	0,37	0,09	0,96	0,77
Qualidade (CCR)	-	-	-	-	0,69	0,40	0,25
Qualidade (BCC)	-	-	-	-	-	0,08	0,38
CDOI - Qualidade (CCR)	-	-	-	-	-	-	0,71

Tal comportamento é bastante interessante, pois, apesar de os modelos que incorporam a qualidade não apresentarem fortes correlações, com valores inferiores a 0,5, a observação de que, para determinados modelos, a qualidade se mova em direção oposta aos gastos pode denotar um ganho operacional nos gastos, em detrimento da qualidade do serviço.

Observa-se também que os modelos que consideram apenas gastos operacionais possuem uma correlação mais forte entre si, com valores superiores a 0,8. Entretanto, a melhor correlação apresentada foi entre o modelo CDOI (BCC) e o modelo CDOI - Qualidade (CCR). O valor obtido foi de 0,96, bem próximo a 1.

#### 4.7 - EFEITO DO NÚMERO DE VARIÁVEIS

Uma consequência da formulação matemática do DEA é que as unidades de decisão recebem escores de eficiência mais altos proporcionalmente ao aumento do número de variáveis do modelo (Tabela 4.13). Modelo CDOI (em CCR), que tem quatro variáveis, apresenta apenas oito empresas com escores de eficiência médios superiores a 0,90. Em contraste, no Modelo CDOI - Qualidade, que tem seis variáveis, o número aumenta para 23. De acordo com Giannakis, Jamasb e Pollitt (2003), este é um exemplo de *trade off* entre o detalhamento de um modelo e seu poder explicativo.

Embora o Modelo CDOI - Qualidade capte mais particularidades da operação das concessionárias de distribuição, passa a limitar a capacidade de distinguir o desempenho de uma empresa em relação aos seus pares.

No entanto, convém notar que outros produtos do estudo em DEA, bastante relevantes para a análise, como os coeficientes de correlação de pontuação entre os modelos e os *rankings* específicos de cada modelo, são menos afetados por um aumento geral nos escores de eficiência devido ao acréscimo de variáveis (Giannakis, et al., 2003).

#### **4.8 - INFLUÊNCIA DOS EFEITOS DE ESCALA**

Para realizar uma análise da influência dos efeitos de escala considerando as modelagens CCR e BCC, foi escolhido o Modelo Qualidade, pois ele tem como únicas entradas as variáveis DEC e FEC, permitindo estabelecer relações do desempenho associado com a qualidade e a escala de produção representada pela quantidade de consumidores de cada uma das distribuidoras.

Adicionalmente, foram preparados dois gráficos com os valores de DEC e FEC das distribuidoras no período de estudo. A ordem das empresas no gráfico obedeceu a distribuição por faixa de Número Total de Unidades Consumidoras. Cada faixa está representada nos gráficos por uma cor distinta e foram definidos de acordo com a quantidade de consumidores:

- i. Faixa A - Concessionárias até 100 mil unidades consumidoras;
- ii. Faixa B - Concessionárias a partir de 100 mil até 1 milhão de unidades consumidoras;
- iii. Faixa C - Concessionárias a partir de 1 milhão até 2 milhões de unidades consumidoras;
- iv. Faixa D - Concessionárias acima de 2 milhões de unidades consumidoras.

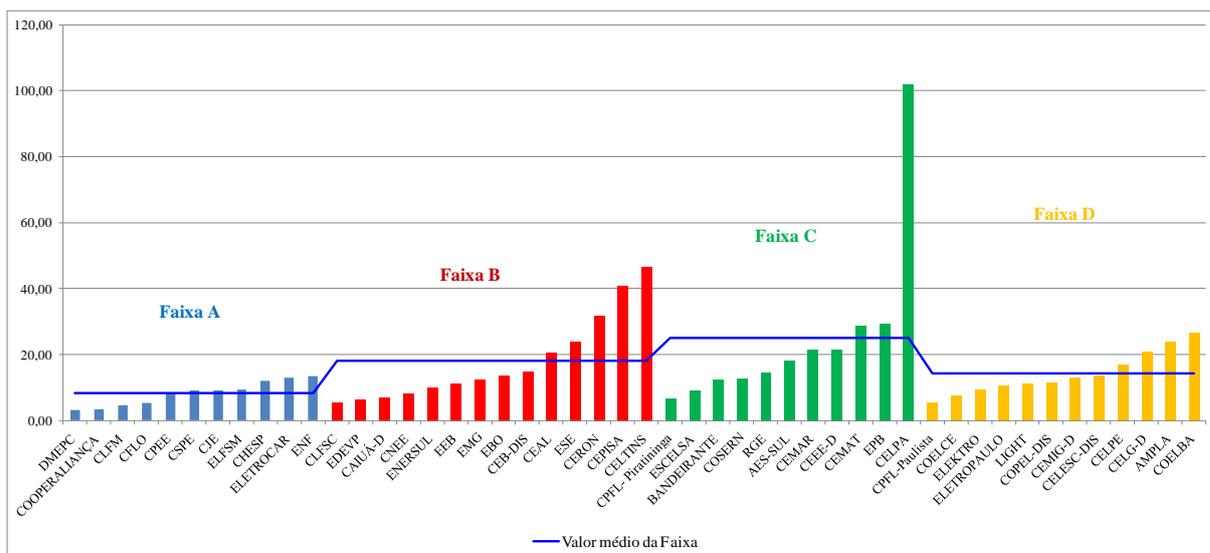


Gráfico 4.3 - Indicador DEC ano 2010 por faixa de número de consumidores.

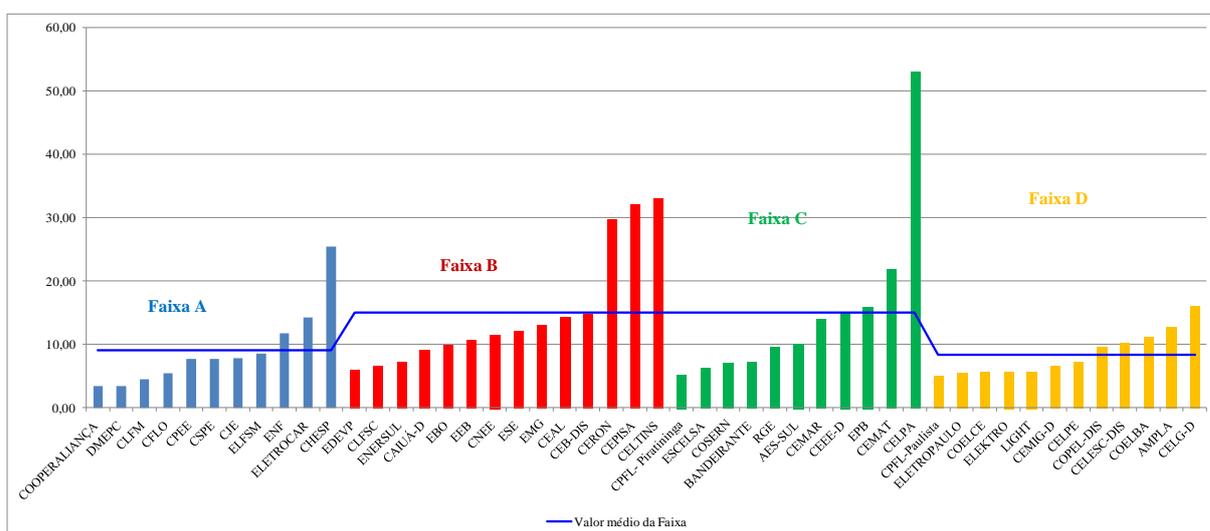


Gráfico 4.4 - Indicador FEC ano 2010 por faixa de número de consumidores.

Na modelagem CCR, apenas três distribuidoras conseguiram atingir a fronteira de eficiência no ano de 2010: CEMIG-D, CPFL-Paulista e Eletropaulo. Observa-se que todas se encontram na última faixa de número de consumidores. Ainda em CCR, as cinco empresas que apresentaram os piores desempenhos nesse mesmo ano no Modelo Qualidade na ordem de desempenho foram: CFLO, CHESP, CJE, Cooperaliança, CPEE, Eletrocar e ENF. Todas elas se encontram na Faixa A, ou seja, possuem até 100 mil unidades consumidoras.

Verificando os Gráficos 4.3 e 4.4 percebe-se que as faixas que apresentam os piores desempenhos dos indicadores DEC e FEC no ano 2010 são as faixas B e C. Entretanto, como a escala não é considerada, a modelagem CCR posiciona as empresas que possuem menor quantidade de consumidores entre as menos eficientes. Para esta modelagem, uma unidade de decisão é eficiente quando apresenta o melhor quociente de saídas com relação às entradas, ou seja, aproveita melhor as entradas sem considerar a escala de operação da unidade de decisão.

Para BCC, além da CEMIG-D, CPFL-Paulista e Eletropaulo, também obtiveram escore médio de eficiência igual a 1: Cooperaliança e DMEPC. Nota-se que a mudança na modelagem escolhida fez com que a Cooperaliança deixasse de ser umas das menos eficientes em CCR e passasse a figurar entre as distribuidoras na fronteira de eficiência. Claramente percebe-se que, utilizando a modelagem BCC, uma unidade de decisão é eficiente se, na escala em que opera, é a que melhor aproveita as entradas de que dispõe.

Os cinco piores desempenhos no Modelo Qualidade em BCC na ordem crescente foram: CEMAT, CERON, CELPA, CELTINS e CEPISA. Observam-se representantes dos piores desempenhos nas faixas B e C, e justamente as distribuidoras que apresentaram os piores desempenhos dos indicadores em cada uma das faixas.

Logo, verificou-se que no modelo CCR não é considerada a escala de operação na definição da eficiência operacional, apenas é verificado o desempenho da unidade de decisão em relação às demais, independentemente da escala. Tal consideração é realizada quando se utiliza o modelo BCC, uma vez que a escala de operação é considerada na avaliação dos escores de eficiência. No caso da comparação de desempenho das distribuidoras, é desejável que a escala de operação seja considerada, pois como pode ser observado, existem grandes diferenças na escala de operação entre as empresas do setor.

## 4.9 - RESULTADOS DA MODELAGEM CCR

O Gráfico 4.5 ilustra a variação dos escores de eficiência operacional médios anuais de todas as empresas para Modelos de CDO, CDOI, Qualidade e CDOI - Qualidade, obtidos utilizando CCR.

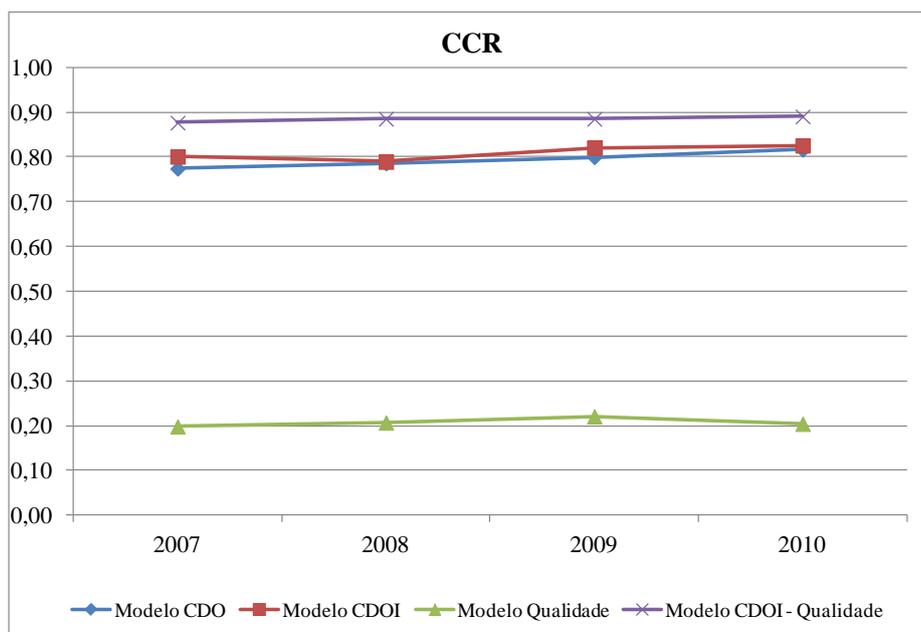


Gráfico 4.5 - *Escores de eficiência médios em CCR para todos os modelos.*

Como esperado, observa-se que o Modelo Qualidade apresenta uma pontuação média de eficiência bastante inferior aos demais modelos. A variação dos demais modelos fica mais perceptível quando ele é retirado do gráfico, conforme mostrado no Gráfico 4.6.

Na especificação CCR, as pontuações médias de eficiência setoriais do Modelo CDO exibem um leve acréscimo. O Modelo CDOI - Qualidade também apresenta um leve aumento nas pontuações médias de eficiência, permanecendo quase constantes.

Verifica-se uma diminuição da eficiência média do setor no Modelo CDOI para o ano 2008. Um grupo de 26 distribuidoras apresentou redução dos escores de eficiência no ano 2008 quando comparado com o desempenho do ano 2007.

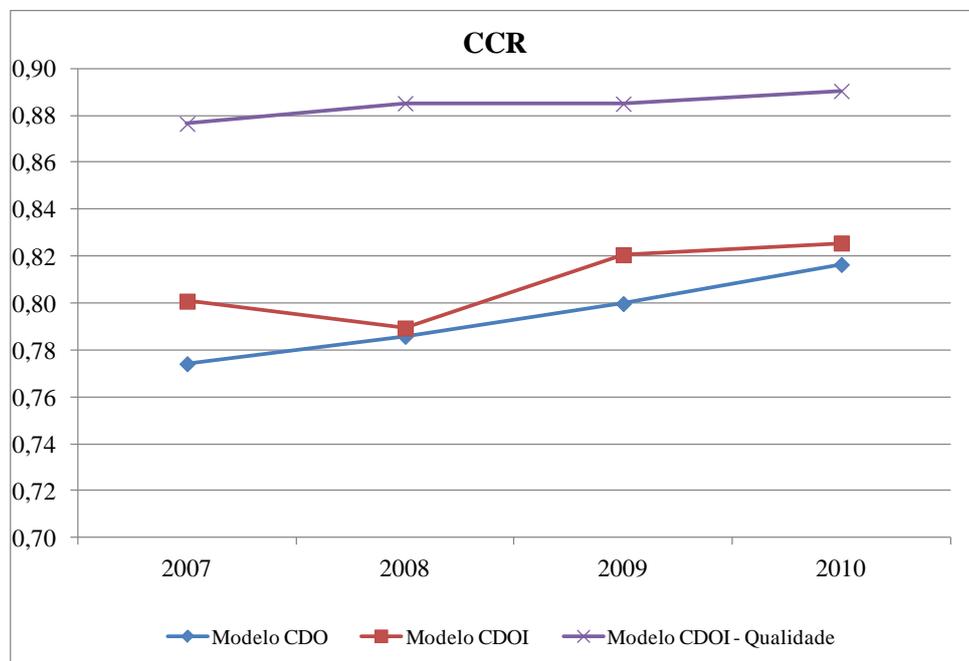


Gráfico 4.6 - Escores de eficiência médios em CCR (sem modelo Qualidade).

Realizando uma análise mais detalhada das empresas que apresentaram as maiores reduções, observou-se que essas mesmas distribuidoras sofreram uma maior variação positiva de CDOI entre 2007 e 2008. Logo, o afastamento da fronteira de eficiência explica-se pelo aumento de CDOI desse conjunto de empresas no ano 2008, salientando-se que as demais distribuidoras mantiveram seus níveis de eficiência.

O comportamento indicado anteriormente encontra-se ilustrado nos Gráficos 4.7 a 4.9, que representam três distribuidoras desse grupo de 26 que sofreram redução da eficiência operacional em 2008.

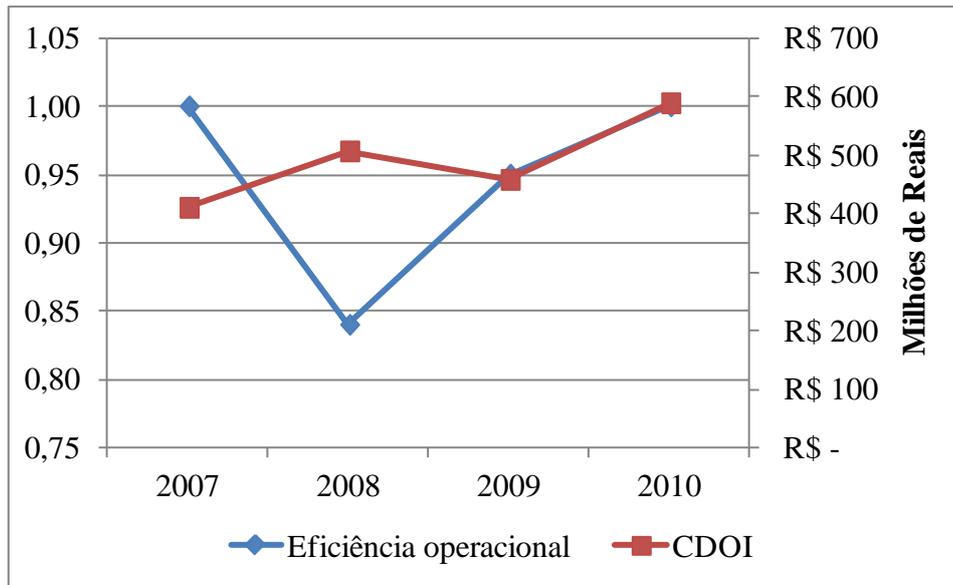


Gráfico 4.7 - Redução da eficiência versus aumento do CDOI – CELTINS.

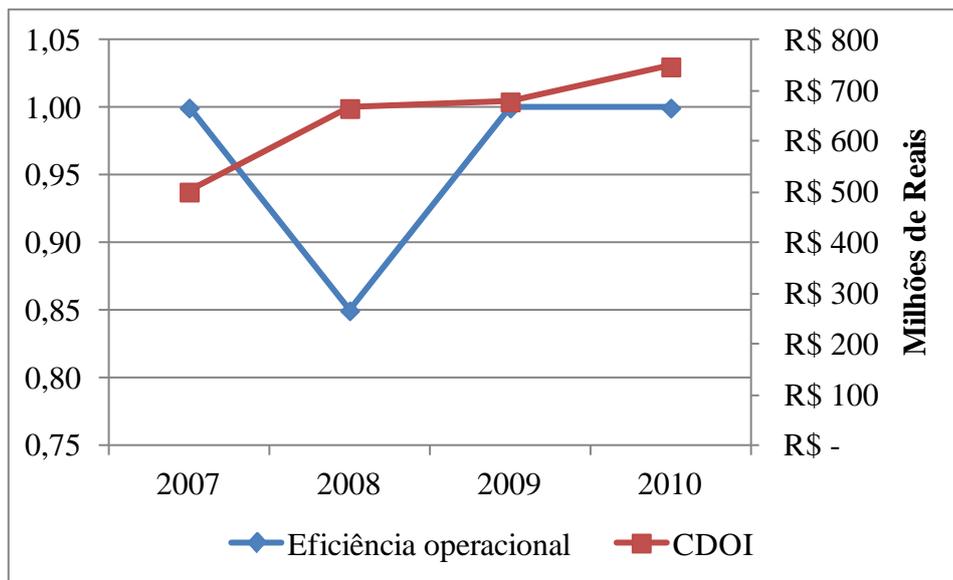


Gráfico 4.8 - Redução da eficiência versus aumento do CDOI – EPB.

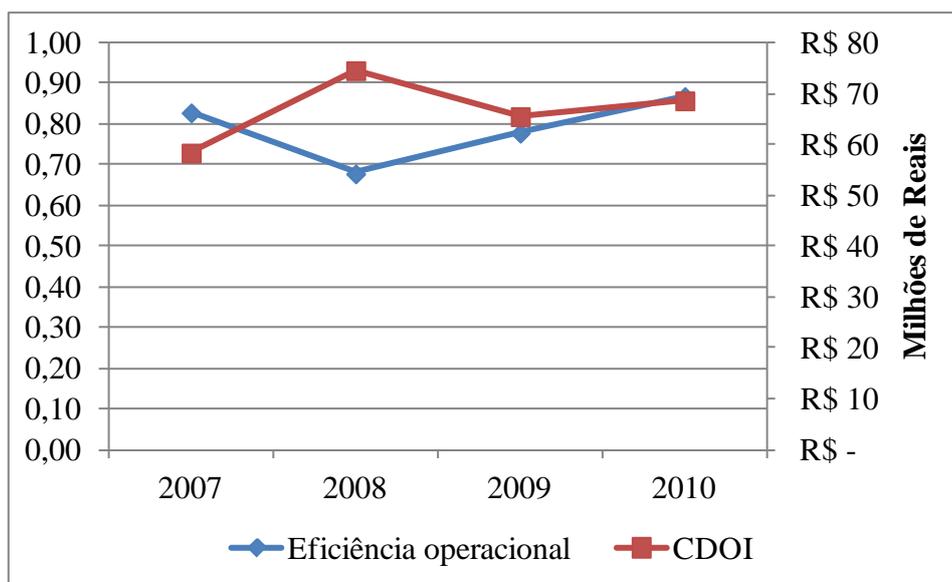


Gráfico 4.9 - Redução da eficiência versus aumento do CDOI – CPEE.

Cabe ressaltar que do grupo de 26 empresas que apresentou redução dos escores de eficiência, um total de 22 distribuidoras tiveram suas revisões tarifárias nos anos de 2008 e 2009. Isso poderia explicar o aumento dos investimentos nos anos mais próximos a data da revisão, uma vez que sofreriam uma menor depreciação ao serem contabilizados na base de ativos regulatória. A Tabela 4.15 detalha a situação descrita anteriormente para as 10 empresas que apresentaram as maiores reduções na eficiência operacional.

Tabela 4.15 - Ano da RTP e as variações de CDOI e eficiência operacional.

Distribuidora	Varição Eficiência Operacional 2007 -2008	Varição CDOI 2007 -2008	Ano da Revisão Tarifária
CEB-DIS	-24%	+36%	2008
CELTINS	-16%	+24%	2008
CEMAT	-15%	+20%	2008
CFLO	-16%	+6%	2008
CPEE	-18%	+28%	2008
EDEVP	-10%	+23%	2008
ELEKTRO	-12%	+18%	2008
EMG	-14%	+20%	2007
EPB	-15%	+33%	2008
ESE	-11%	+12%	2009

#### 4.10 - RESULTADOS DA MODELAGEM BCC

O Gráfico 4.10 ilustra a variação dos escores de eficiência operacional médios anuais de todas as empresas para todos os modelos propostos, obtidos utilizando BCC. Uma observação pertinente é que os níveis de eficiência operacional em BCC são superiores aos verificados utilizando a modelagem CCR. Evitando-se os efeitos de escala e desconsiderando a proporcionalidade entre entrada e saídas, são obtidos maiores escores de eficiência principalmente para as maiores empresas, ou melhor, para as distribuidoras que apresentam os maiores níveis de saídas.

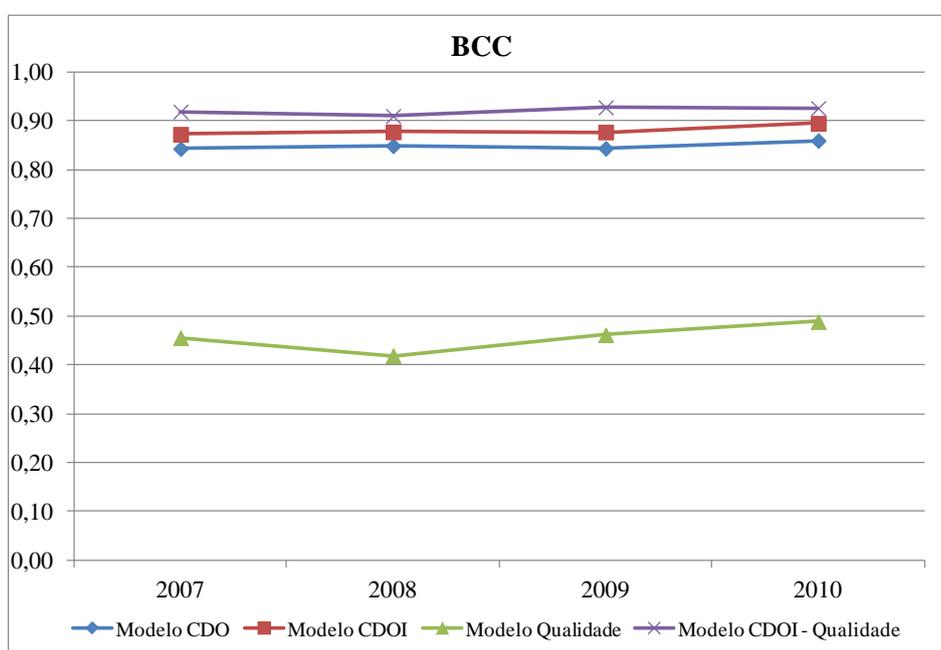


Gráfico 4.10 - *Escores de eficiência médios em BCC para todos os modelos.*

Da mesma forma que na modelagem CCR, também em BCC observa-se que o Modelo Qualidade apresenta uma pontuação média de eficiência bastante inferior aos demais modelos. Serão excluídos do gráfico os dados do Modelo Qualidade para que a variação dos demais modelos fique mais perceptível, como verificado no Gráfico 4.11.

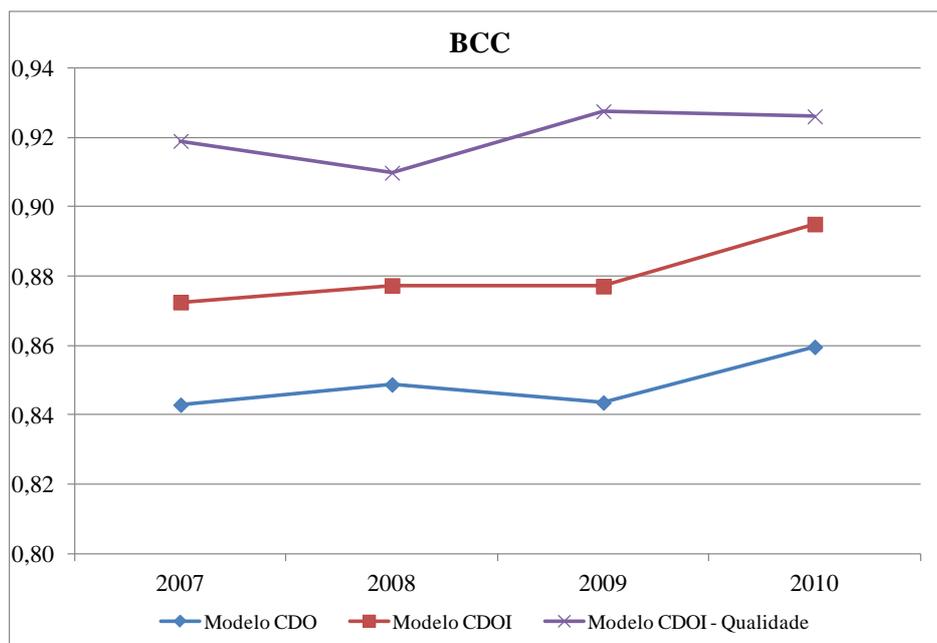


Gráfico 4.11 - *Escores de eficiência médios em BCC (sem modelo Qualidade).*

Da observação do gráfico, verifica-se que a variação dos escores de eficiência é bastante pequena, sendo inferiores a 0,02. Apesar de algumas reduções pontuais do Modelo CDO em 2009 e do Modelo CDOI - Qualidade em 2008, as pontuações médias de eficiência setoriais exibem um levíssimo acréscimo no período.

#### 4.11 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MODELO QUALIDADE

Pelo fato do Modelo Qualidade trazer o grande diferencial na obtenção da eficiência operacional das distribuidoras de energia elétrica, será dada uma ênfase maior na discussão dos resultados obtidos, inclusive buscando a compreensão da eventual necessidade de segregação das empresas em grupos visando o aumento da eficiência média setorial, que é calculada a partir da soma das eficiências das empresas do grupo pela quantidade de participantes.

No Gráfico 4.12 estão apresentados os resultados dos escores de eficiência médios do setor considerando apenas o Modelo Qualidade. Claramente observa-se que os valores dos escores são bastante inferiores àqueles obtidos para os demais modelos.

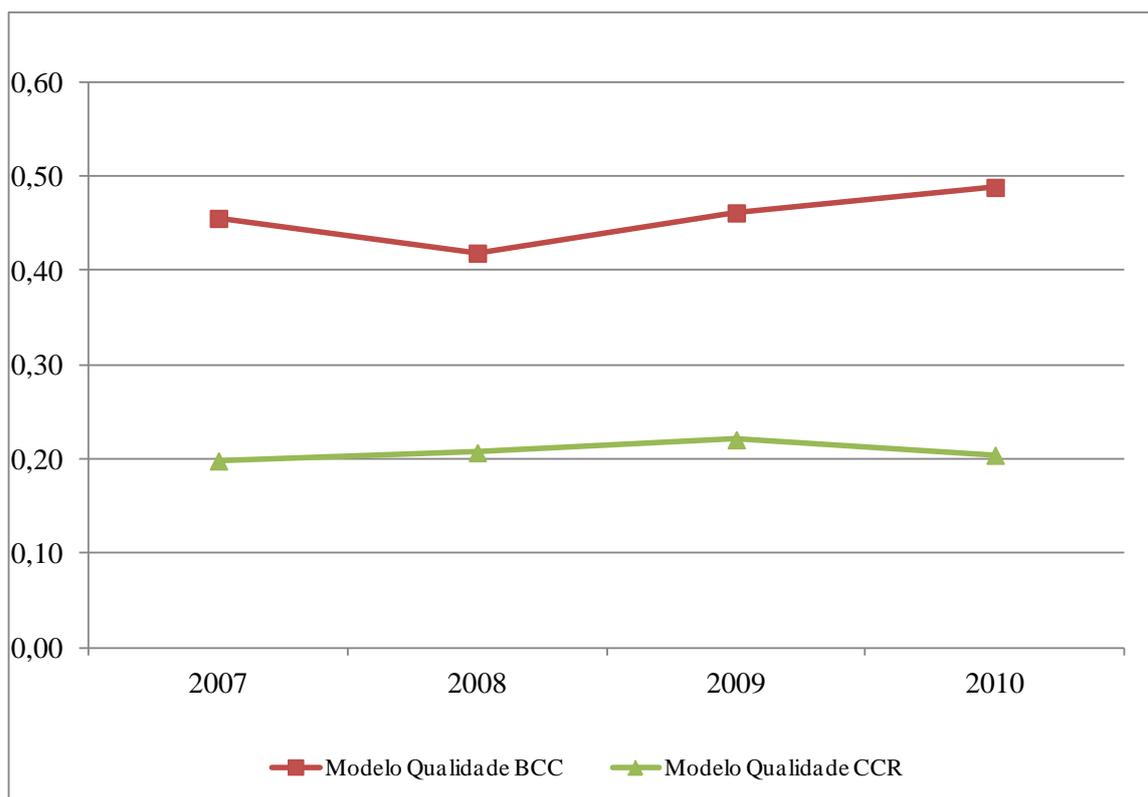


Gráfico 4.12 - *Escores de eficiência médios Modelo Qualidade.*

Quando são obtidos escores de eficiências bastante inferiores, é possível que uma determinada unidade de produção ou grupo de unidades do conjunto em análise apresente um excelente desempenho, caracterizando alteração no escore das demais e classificando as mesmas como detentoras de baixa eficiência relativa.

Para realizar uma observação mais precisa do comportamento da eficiência das distribuidoras no Modelo Qualidade, serão analisados os dados da Tabela 4.16, que exhibe os escores obtidos para todas as empresas no ano 2010.

Tabela 4.16 - *Escores de eficiência do modelo Qualidade ano 2010.*

Distribuidora	CCR 2010	BCC 2010	Ranking CCR	Ranking BCC
AES-SUL	0,15	0,40	19	27
AMPLA	0,17	0,33	16	32
BANDEIRANTE	0,22	0,56	15	17
CAIUÁ-D	0,05	0,47	28	20
CEAL	0,07	0,26	24	39
CEB-DIS	0,10	0,26	23	39
CEEE-D	0,11	0,26	22	39

<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
CELESC-DIS	0,35	0,45	11	22
CELG-D	0,27	0,36	12	30
CELPA	0,03	0,12	35	46
CELPE	0,38	0,63	9	12
CELTINS	0,04	0,12	32	46
CEMAR	0,15	0,30	19	34
CEMAT	0,15	0,22	19	44
CEMIG-D	1,00	1,00	1	1
CEPISA	0,04	0,12	32	46
CERON	0,05	0,14	28	45
CFLO	0,01	0,63	42	12
CHESP	0,01	0,27	42	38
CJE	0,01	0,44	42	23
CLFM	0,02	0,76	36	9
CLFSC	0,06	0,60	26	15
CNEE	0,02	0,39	36	29
COELBA	0,40	0,47	8	20
COELCE	0,63	0,82	5	6
COOPERALIANÇA	0,01	1,00	42	1
COPEL-DIS	0,71	0,71	4	11
COSERN	0,16	0,55	18	19
CPEE	0,01	0,44	42	23
CPFL- Piratininga	0,36	0,75	10	10
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1	1
CSPE	0,02	0,44	36	23
DMEPC	0,04	1,00	32	1
EBO	0,02	0,35	36	31
EDEVP	0,05	0,58	28	16
EEB	0,02	0,32	36	33
ELEKTRO	0,47	0,77	7	8
ELETROCAR	0,00	0,24	48	42
ELETROPAULO	1,00	1,00	1	1
ELFSM	0,02	0,40	36	27
EMG	0,06	0,29	26	36
ENERSUL	0,26	0,56	13	17
ENF	0,01	0,29	42	36
EPB	0,07	0,24	24	42
ESCELSA	0,24	0,62	14	14
ESE	0,05	0,30	28	34
LIGHT	0,57	0,81	6	7
RGE	0,17	0,41	16	26
<b>Média</b>	<b>0,20</b>	<b>0,49</b>		

Adicionalmente, as unidades de decisão foram novamente divididas em quatro grupos, considerando a quantidade de consumidores e seguindo as mesmas definições da subseção 4.8.

Utilizando os dados referentes apenas ao ano de 2010, foram obtidos para o Modelo Qualidade os resultados dos escores de eficiência para cada uma das empresas, considerando as demais unidades de decisão contidas no mesmo grupo. As Tabelas 4.17 a 4.20 a seguir apresentam o detalhe dos resultados obtidos.

Tabela 4.17 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa A no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - Faixa A</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
CFLO	0,60	0,69	6	9
CHESP	0,33	0,42	10	10
CJE	0,47	1,00	8	1
CLFM	0,80	1,00	3	1
COOPERALIANÇA	0,53	1,00	7	1
CPEE	0,63	0,70	5	8
CSPE	0,75	0,77	4	6
DMEPC	1,00	1,00	1	1
ELETROCAR	0,20	0,29	11	11
ELFSM	1,00	1,00	1	1
ENF	0,44	0,73	9	7
<b>Média</b>	<b>0,61</b>	<b>0,78</b>		

Ao verificar os resultados obtidos para a faixa de empresas com até 100 mil unidades consumidoras, observa-se um acréscimo nos escores de eficiência tanto em CCR como em BCC. Na modelagem CCR, não houve diferença na ordenação das empresas mais eficientes. Neste grupo de empresas, a DMEPC e a ELFSM apresentaram os melhores resultados em CCR, atingindo a fronteira de eficiência.

Constatam-se algumas distorções quando se compara os valores obtidos em BCC. Algumas empresas que não estavam tão bem colocadas quanto à eficiência na Tabela 4.16 também atingiram a fronteira quando outras que estavam melhor colocadas não atingiram. CJE e ELFSM são exemplos desse comportamento, pois, quando consideradas todas as empresas, seus escores de eficiência em BCC eram inferiores àqueles obtidos para a CFLO, e, após a

segmentação das distribuidoras por número de consumidores, CJE e ELFSM obtiveram escores de eficiência iguais a 1, enquanto que a CFLO obteve uma pontuação de 0,69.

Observando a Tabela 4.18, verifica-se o mesmo comportamento quanto ao aumento dos escores de eficiência médios. O *ranking* de eficiência em CCR não se modificou, sendo que a ENERSUL conseguiu atingir a fronteira de eficiência. As mesmas distorções verificadas em BCC também foram observadas nesse grupo de empresas. Na análise que considera todas as empresas, Tabela 4.16, CEAL, CEB-DIS e CEPISA obtiveram resultados bastante inferiores aos escores unitários verificados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa B no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - Faixa B</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
CAIUÁ-D	0,42	0,84	6	7
CEAL	0,54	1,00	3	1
CEB-DIS	1,00	1,00	1	1
CELTINS	0,17	0,21	12	14
CEPISA	0,29	1,00	9	1
CERON	0,21	0,26	10	13
CLFSC	0,44	1,00	4	1
CNEE	0,18	0,67	11	8
EBO	0,16	0,61	14	9
EDEVP	0,35	1,00	8	1
EEB	0,17	0,56	12	10
EMG	0,38	0,56	7	10
ENERSUL	1,00	1,00	1	1
ESE	0,44	0,56	4	10
<b>Média</b>	<b>0,41</b>	<b>0,73</b>		

A Tabela 4.19 apresenta resultados semelhantes aos comentados anteriormente. CELPA, CEMAR e CEMAT melhoraram significativamente seu desempenho em BCC quando comparadas apenas às empresas da Faixa C, conseguindo escores de eficiência unitários. Mais uma vez verificou-se uma diferença importante nos resultados obtidos em BCC quando se fraciona as empresas em grupos menores.

Tabela 4.19 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa C no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - Faixa C</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
AES-SUL	0,68	0,87	8	8
BANDEIRANTE	0,80	1,00	4	1
CEEE-D	0,44	0,58	9	10
CELPA	0,20	1,00	11	1
CEMAR	0,70	1,00	7	1
CEMAT	0,85	1,00	3	1
COSERN	0,72	0,82	6	9
CPFL- Piratininga	1,00	1,00	1	1
EPB	0,33	0,37	10	11
ESCELSA	1,00	1,00	1	1
RGE	0,75	0,96	5	7
<b>Média</b>	<b>0,68</b>	<b>0,87</b>		

De acordo com os escores da Tabela 4.20, ao examinar os resultados alcançados para a Faixa D de empresas, acima de 2 milhões de unidades consumidoras, observa-se que tanto para CCR como para BCC, o *ranking* de desempenho das empresas é igual àquele obtido a partir da análise de todas as empresas. Ou seja, quando consideradas distribuidoras com maior quantidade de consumidores as distorções do modelo BCC são minimizadas.

Tabela 4.20 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Faixa D no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - Faixa D</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
AMPLA	0,17	0,40	12	11
CELESC-DIS	0,35	0,49	10	9
CELG-D	0,27	0,37	11	12
CELPE	0,38	0,69	9	8
CEMIG-D	1,00	1,00	1	1
COELBA	0,40	0,49	8	9
COELCE	0,63	0,90	5	4
COPEL-DIS	0,71	0,71	4	7
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1	1
ELEKTRO	0,47	0,88	7	5
ELETROPAULO	1,00	1,00	1	1
LIGHT	0,57	0,88	6	5
<b>Média</b>	<b>0,58</b>	<b>0,73</b>		

Pode-se concluir que, quando se segmentam as unidades de decisão em grupos menores, os resultados do modelo CCR mantêm-se consistentes àqueles verificados quando analisado

todo o conjunto de empresas. Já o modelo BCC apresenta distorções quanto à ordenação das empresas pelo desempenho, uma vez que a consideração da eficiência de produção com a escala de produção varia significativamente com a alteração do conjunto de unidades de decisão considerado.

A Tabela 4.21 apresenta os escores de eficiência médios para as faixas, assim como para o caso em que foram consideradas todas as 48 distribuidoras. O acréscimo significativo nos escores médios de eficiência demonstra que o declínio na eficiência média setorial, quando consideradas todas as empresas na análise, poderia ser explicado pela ampliação da diferença de desempenho entre as empresas, não implicando necessariamente que a produtividade do setor seja pequena.

Tabela 4.21 - *Resumo dos escores médios de eficiência por faixas.*

<b>Modelo Qualidade</b>		
<b>Faixas de Distribuidoras</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>
Faixa A - até 100 mil unidades consumidoras	0,614	0,782
Faixa B - de 100 mil até 1 milhão de unidades consumidoras	0,411	0,734
Faixa C - de 1 milhão até 2 milhões de unidades consumidoras	0,679	0,873
Faixa D - acima de 2 milhões de unidades consumidoras	0,579	0,734
Todas as Distribuidoras	0,204	0,489

Outra conclusão importante é que, ao segmentar as empresas, a modelagem BCC gera distorções importantes que não foram observadas no modelo CCR. Uma solução possível para minimizar estas distorções seria reduzir a quantidade de grupos. Assim, foram realizados os mesmos estudos para dois grupos de empresas, conforme definição a seguir:

- i. Grupo 1 - Concessionárias até 1 milhão de unidades consumidoras;
- ii. Grupo 2- Concessionárias acima de 1 milhão de unidades consumidoras.

A Tabela 4.22 mostra que os escores de eficiência obtidos para o Grupo 1 foram levemente superiores àqueles resultantes quando todas as empresas foram consideradas. Entretanto, são iguais ou inferiores em relação ao desempenho observados para as Faixas A e B verificadas anteriormente. As distorções na ordem das empresas mais eficientes em BCC foram minimizadas, mas ainda se encontram presentes nesse grupo, podem ser verificadas

nas excelentes posições da CEAL, CEB-DIS e CEPISA, conseguindo escores unitários, uma vez que não ultrapassavam a 20ª posição, quando consideradas todas as empresas.

Tabela 4.22 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade do Grupo 1 no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - GRUPO 1</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
CAIUÁ-D	0,42	0,65	6	10
CEAL	0,54	1,00	3	1
CEB-DIS	1,00	1,00	1	1
CELTINS	0,17	0,19	13	25
CEPISA	0,29	1,00	10	1
CERON	0,21	0,23	11	24
CFLO	0,14	0,64	16	11
CHESP	0,03	0,28	24	22
CJE	0,13	0,45	17	16
CLFM	0,13	0,77	17	8
CLFSC	0,44	0,78	4	7
CNEE	0,18	0,43	12	17
COOPERALIANÇA	0,13	1,00	17	1
CPEE	0,10	0,46	22	14
CSPE	0,12	0,46	21	14
DMEPC	0,35	1,00	8	1
EBO	0,16	0,40	15	19
EDEVP	0,35	0,66	8	9
EEB	0,17	0,36	13	20
ELETROCAR	0,03	0,25	24	23
ELFSM	0,13	0,43	17	17
EMG	0,38	0,49	7	13
ENERSUL	1,00	1,00	1	1
ENF	0,08	0,31	23	21
ESE	0,44	0,51	4	12
<b>Média</b>	<b>0,28</b>	<b>0,59</b>		

Para o Grupo 2, conforme demonstrado na Tabela 4.23, o desempenho médio verificado foi superior ao resultado obtido quando todas as empresas foram consideradas. Na modelagem CCR, os escores obtidos são muito semelhantes aos alcançados para o conjunto de todas as empresas. Logo, não há nenhuma alteração no *ranking* resultante. Em BCC, o desempenho do grupo é superior à média da eficiência do total de empresas.

Tabela 4.23 - *Escores de eficiência do Modelo Qualidade da Grupo 2 no ano 2010.*

<b>Modelo Qualidade - GRUPO 2</b>				
<b>Distribuidora</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>	<b>Ranking CCR</b>	<b>Ranking BCC</b>
AES-SUL	0,15	0,50	18	14
AMPLA	0,17	0,40	15	17
BANDEIRANTE	0,22	0,71	14	10
CEEE-D	0,11	0,34	21	20
CELESC-DIS	0,35	0,49	11	15
CELG-D	0,27	0,37	12	18
CELPA	0,03	0,12	23	23
CELPE	0,38	0,69	9	12
CEMAR	0,15	0,36	18	19
CEMAT	0,15	0,24	18	22
CEMIG-D	1,00	1,00	1	1
COELBA	0,40	0,49	8	15
COELCE	0,63	0,90	5	5
COPEL-DIS	0,71	0,71	4	10
COSERN	0,16	0,72	17	9
CPFL- Piratininga	0,36	0,97	10	4
CPFL-Paulista	1,00	1,00	1	1
ELEKTRO	0,47	0,88	7	6
ELETROPAULO	1,00	1,00	1	1
EPB	0,07	0,32	22	21
ESCELSA	0,24	0,81	13	8
LIGHT	0,57	0,88	6	6
RGE	0,17	0,52	15	13
<b>Média</b>	<b>0,38</b>	<b>0,63</b>		

Comparando com as Faixas C e D, os escores resultantes do Grupo 2 são iguais ou inferiores. Verificou-se que as distorções na ordem das empresas mais eficientes em BCC foram bastante reduzidas, quando consideradas distribuidoras com maior quantidade de consumidores. Apenas CPFL-Piratininga e COSERN obtiveram posições no *ranking* superiores àquelas conseguidas quando comparadas todas as empresas, mas nenhuma das duas empresas atingiu a fronteira de eficiência em BCC. A Tabela 4.24 apresenta os escores de eficiência médios para os dois grupos de distribuidoras.

Tabela 4.24 - *Resumo dos escores médios de eficiência por grupos.*

<b>Modelo Qualidade</b>		
<b>Grupos de Distribuidoras</b>	<b>CCR 2010</b>	<b>BCC 2010</b>
Grupo 1 - até 1 milhão de unidades consumidoras	0,285	0,590
Grupo 2 - acima de 1 milhão de unidades consumidoras	0,381	0,627
Todas as Distribuidoras	0,204	0,489

Ao reduzir a segmentação das empresas em apenas dois grupos foi observado que os escores de eficiência médios dos grupos foram reduzidos e, apesar de terem sido reduzidas, ainda foram constatadas distorções na modelagem BCC.

Percebe-se que, quando minimizadas as diferenças de escala, maiores são os escores obtidos em CCR, evidenciando que os primeiros resultados obtidos para as 48 empresas não representam necessariamente que o desempenho do setor com relação à qualidade seja ruim. O que acontece na realidade é uma distância significativa dos desempenhos verificados pelas empresas. Esta distância é captada pela modelagem BCC, que considera os efeitos de escala, contudo, quanto menos unidades de decisão são simuladas em BCC, mais distorcidos são os resultados, quando comparados com a configuração inicial considerando todas as empresas.

#### **4.12 - RANKING MÉDIO ANUAL EM CCR**

Nessa seção é realizada uma avaliação do *ranking* médio anual verificado para as 48 empresas considerando todos os modelos especificados. Os gráficos contêm a informação da ordem de cada distribuidora no desempenho observado no modelo indicado. Cabe informar que, quanto melhor o desempenho, menor é a colocação da empresa no *ranking*.

As unidades de decisão foram divididas para facilitar a visualização no gráfico. A ordem de desempenho do Modelo CDOI - Qualidade em CCR foi tomada como referência para o agrupamento, já que esse modelo é o que agrega a maior quantidade de entradas:

- 1º conjunto de empresas - 9 distribuidoras que apresentaram as melhores colocações, atingindo a fronteira de eficiência em CCR;
- 2º conjunto de empresas - 11 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 10º e 20º lugares;

- 3º conjunto de empresas - 10 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 21º e 30º lugares;
- 4º conjunto de empresas - 9 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 31º e 39º lugares;
- 5º conjunto de empresas - 9 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 40º e 48º lugares.

Apesar de todas as empresas do 1º conjunto terem atingido a fronteira de eficiência em CCR, para no Modelo CDOI - Qualidade, da observação do Gráfico 4.13, pode-se verificar a existência de comportamentos distintos.

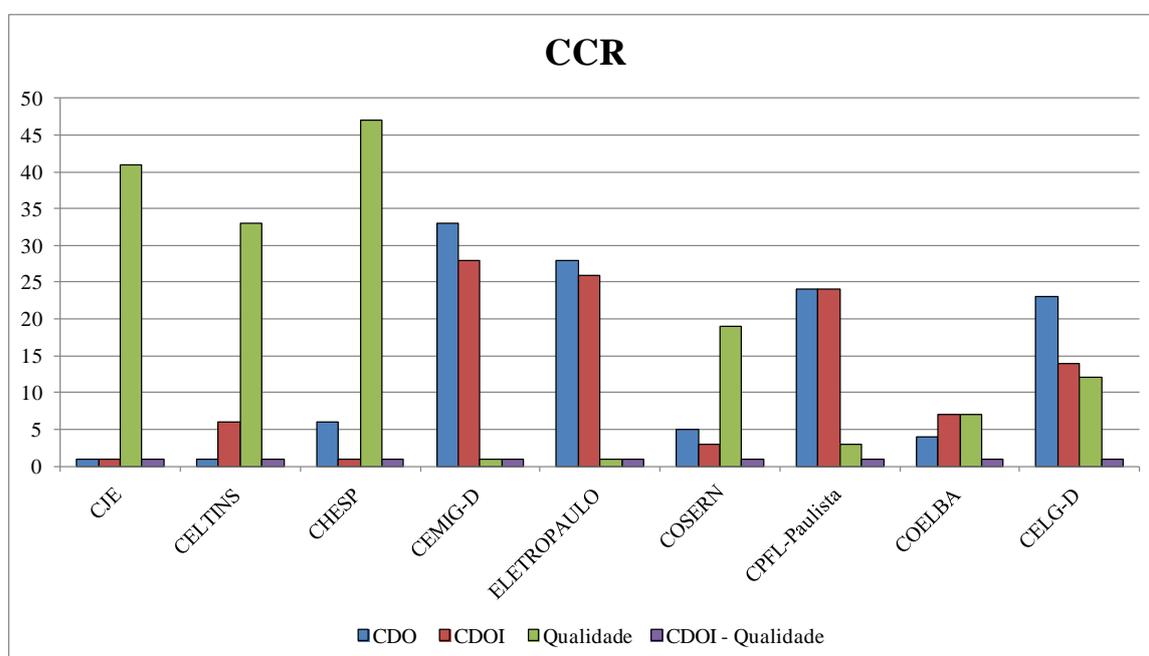


Gráfico 4.13 - Ranking médio anual em CCR (1º conjunto de empresas).

Por exemplo, a CJE apresentou desempenho muito fraco em relação ao Modelo Qualidade, mas como atingiu a fronteira de eficiência nos Modelos CDOI e CDO, recebeu também escore unitário no Modelo CDOI - Qualidade. CELTINS e CHESP repetiram o mesmo comportamento.

Já para CEMIG-D e Eletropaulo, a explicação do excelente desempenho no Modelo CDOI - Qualidade encontra-se no fato da obtenção dos escores unitários no Modelo Qualidade. COSERN, CPFL-Paulista, COELBA e CELG-D apresentam a melhor relação saídas e

entradas considerando a formulação do Modelo CDOI - Qualidade, mas já haviam conseguido bons resultados em algum outro modelo.

O Gráfico 4.14 representa o *ranking* do 2º conjunto de empresas mais eficientes no Modelo CDOI - Qualidade. Apenas a CEMAR conseguiu atingir a fronteira de eficiência em algum outro modelo estudado. Entretanto, como a entrada do Modelo CDO não foi considerada isoladamente no Modelo CDOI - Qualidade, o resultado obtido não influenciou no desempenho.

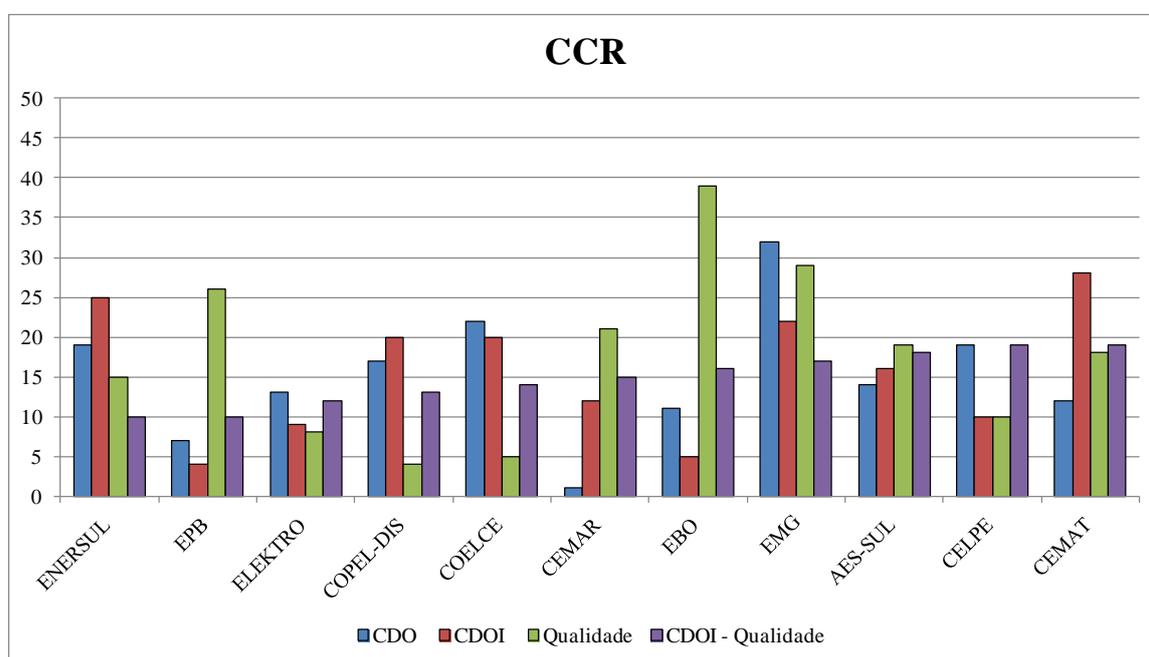


Gráfico 4.14 - *Ranking* médio anual em CCR (2º conjunto de empresas).

EPB e EBO apresentaram escores de eficiência médios acima de 0,9 no Modelo CDOI, o que garantiu um bom desempenho no Modelo CDOI - Qualidade, apesar dos desempenhos fracos no Modelo Qualidade. COPEL-DIS e COELCE ficaram bem colocadas no Modelo Qualidade, o que resultou em uma melhor colocação no Modelo CDOI - Qualidade.

Nenhuma empresa apresentou escore de eficiência médio unitário no 3º conjunto para qualquer dos modelos simulados. Esse conjunto de empresas está representado no Gráfico 4.15. CSPE apresentou escore de eficiência médio acima de 0,9 no Modelo CDOI (8º lugar), o que lhe garantiu o 22º lugar no *ranking* do Modelo CDOI - Qualidade, apesar do

desempenho fraco no Modelo Qualidade (42º lugar). CELESC-DIS ficou relativamente bem colocada no Modelo Qualidade (9º lugar), o que resultou em uma colocação no 30º lugar no Modelo CDOI - Qualidade.

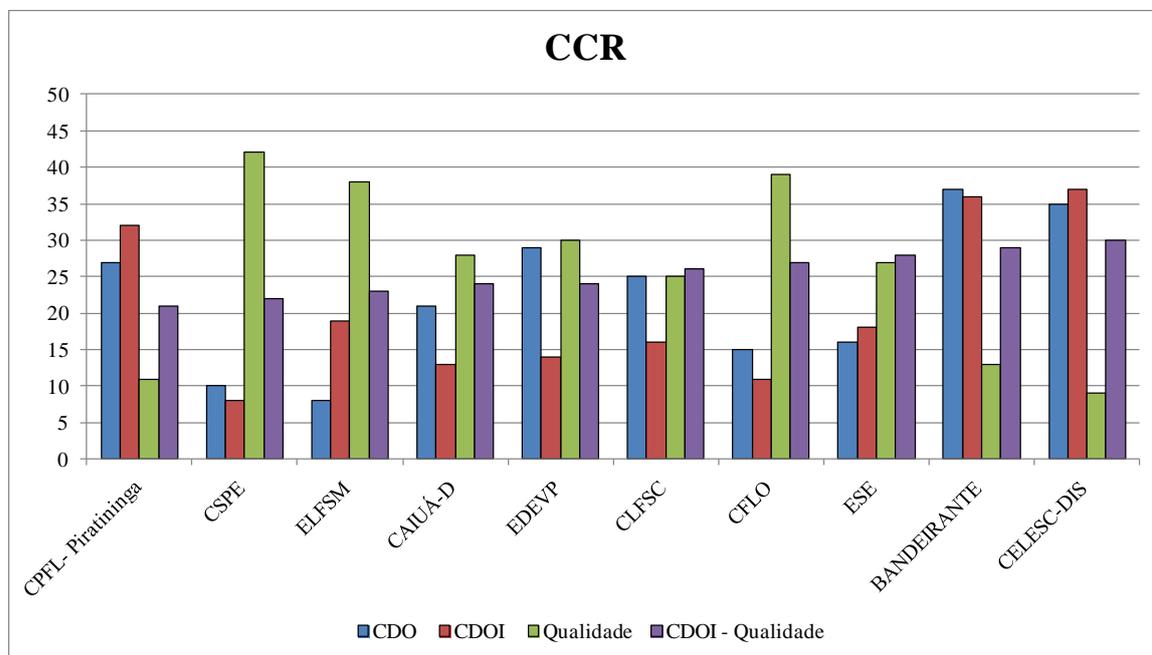


Gráfico 4.15 - Ranking médio anual em CCR (3º conjunto de empresas).

Pode ser percebido pela visualização do Gráfico 4.16 que as empresas do 4º conjunto apresentam colocações semelhantes em todos os modelos estudados. A única empresa que apresenta um comportamento distinto ao grupo é a LIGHT, pois obteve uma boa colocação no Modelo Qualidade (6º lugar), o que se configurou na melhoria de sua colocação no Modelo CDOI - Qualidade (35º lugar) em relação ao Modelo CDOI - Qualidade (44º lugar).

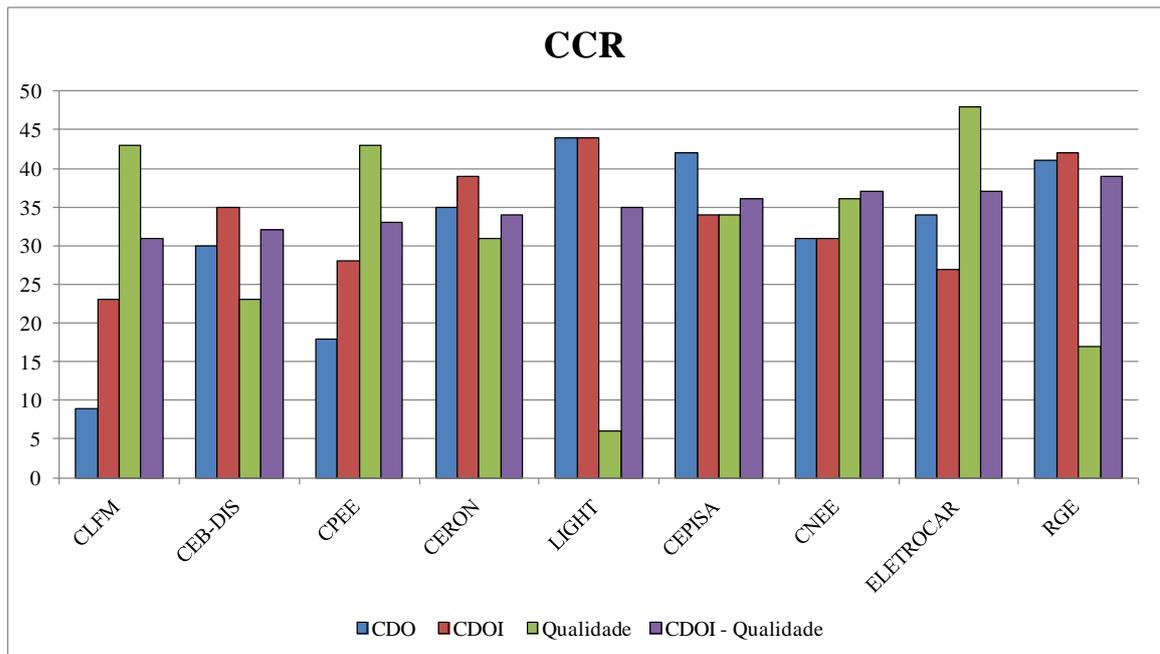


Gráfico 4.16 - Ranking médio anual em CCR (4º conjunto de empresas).

O Gráfico 4.17 apresenta o gráfico do ranking médio do 5º conjunto de empresas, aquelas consideradas menos eficientes no Modelo CDOI - Qualidade. O baixo desempenho no Modelo CDOI apresentado por algumas empresas deste conjunto foi determinante para a definição de suas colocações no Modelo CDOI - Qualidade.

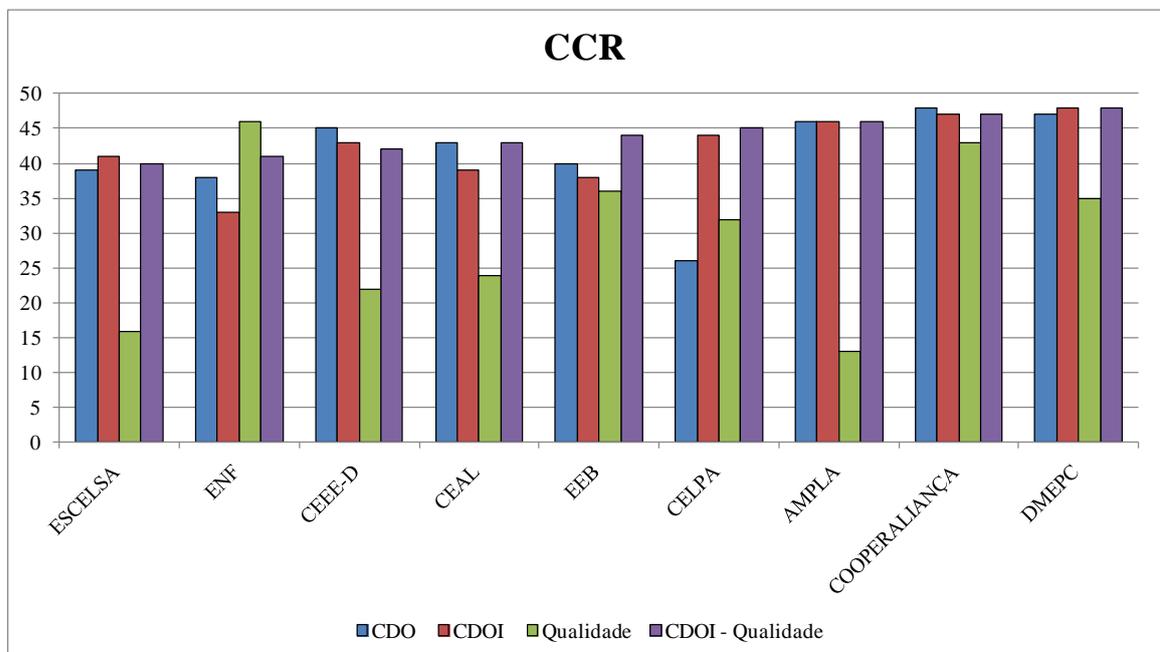


Gráfico 4.17 - Ranking médio anual em CCR (5º conjunto de empresas).

A eficiência média obtida no Modelo CDOI para estas 9 empresas foi de 0,675, quando o valor obtido para o total das 48 distribuidoras é de 0,809. Mesmo um relativo melhor desempenho no Modelo Qualidade como pode ser verificado no caso da AMPLA (13º lugar) não foi suficiente para melhorar o posicionamento no *ranking*.

#### **4.13 - RANKING MÉDIO ANUAL EM BCC**

Para a análise do *ranking* médio anual em BCC, as unidades de decisão também foram divididas para facilitar a visualização nos gráficos. A ordem de desempenho do Modelo CDOI - Qualidade em BCC foi tomada como referência para o agrupamento:

- 1º conjunto de empresas - 14 distribuidoras que apresentaram as melhores colocações, atingindo a fronteira de eficiência em BCC;
- 2º conjunto de empresas - 15 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 15º e 29º lugares;
- 3º conjunto de empresas - 10 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 30º e 39º lugares;
- 4º conjunto de empresas - 9 distribuidoras que ficaram colocadas entre o 40º e 48º lugares.

Da observação do Gráfico 4.18, podem-se constatar desempenhos distintos para as empresas do 1º conjunto, embora elas tenham atingido a fronteira de eficiência em BCC no Modelo CDOI - Qualidade. A CEMIG-D e a Eletropaulo foram as únicas empresas que atingiram a fronteira de eficiência para todos os modelos simulados.

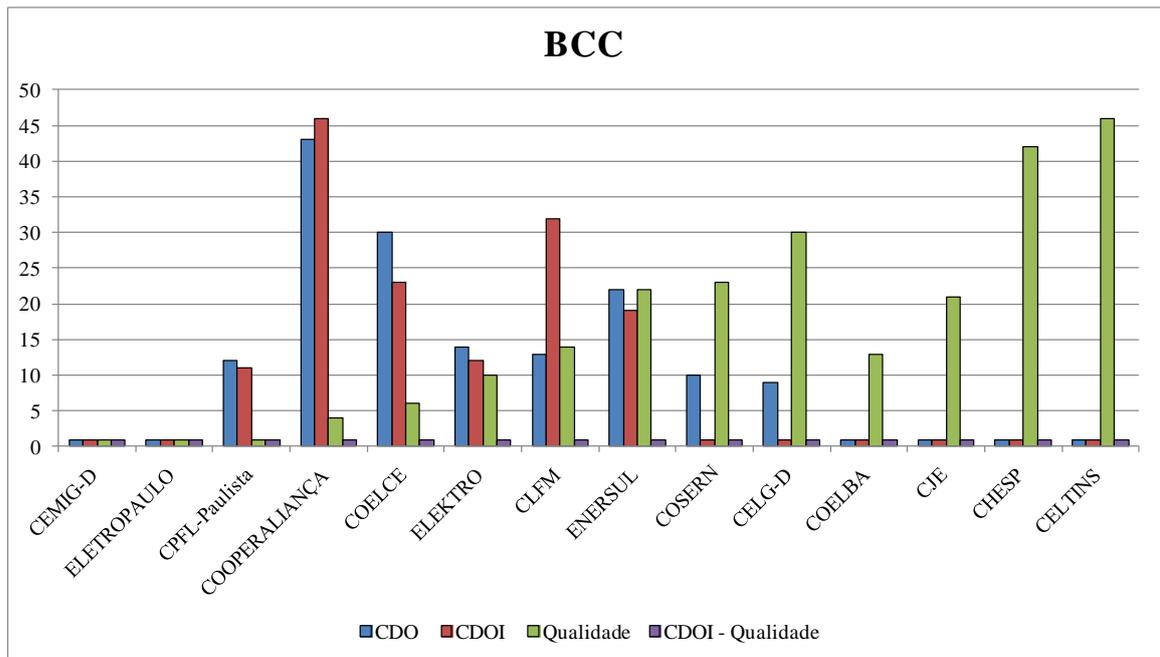


Gráfico 4.18 - *Ranking médio anual em BCC (1º conjunto de empresas).*

Para a CPFL-Paulista, o excelente desempenho no Modelo CDOI - Qualidade encontra-se na obtenção de escores unitários no Modelo Qualidade. Cooperaliança, Coelce, Elektro, CLFM e Enersul apresentam a melhor relação saídas e entradas considerando a formulação do Modelo CDOI - Qualidade, mas já haviam conseguido bons resultados em algum outro modelo. Cosern e CELG-D conseguiram escores unitários no Modelo CDOI, garantindo o excelente desempenho no Modelo CDOI - Qualidade. Já para COELBA, CJE, CHESP, e CELTINS, que não tiveram um desempenho tão expressivo no Modelo Qualidade, atingiram a fronteira de eficiência no Modelo CDOI - Qualidade devido aos escores unitários obtidos nos Modelo CDOI e CDO

De acordo com o Gráfico 4.19, no 2º conjunto de empresas, apenas a CEMAR e CEMAT conseguiram atingir a fronteira de eficiência no Modelo CDO, contudo, como a entrada desse modelo não foi considerada isoladamente no Modelo CDOI - Qualidade, o resultado obtido não influenciou no desempenho obtido.

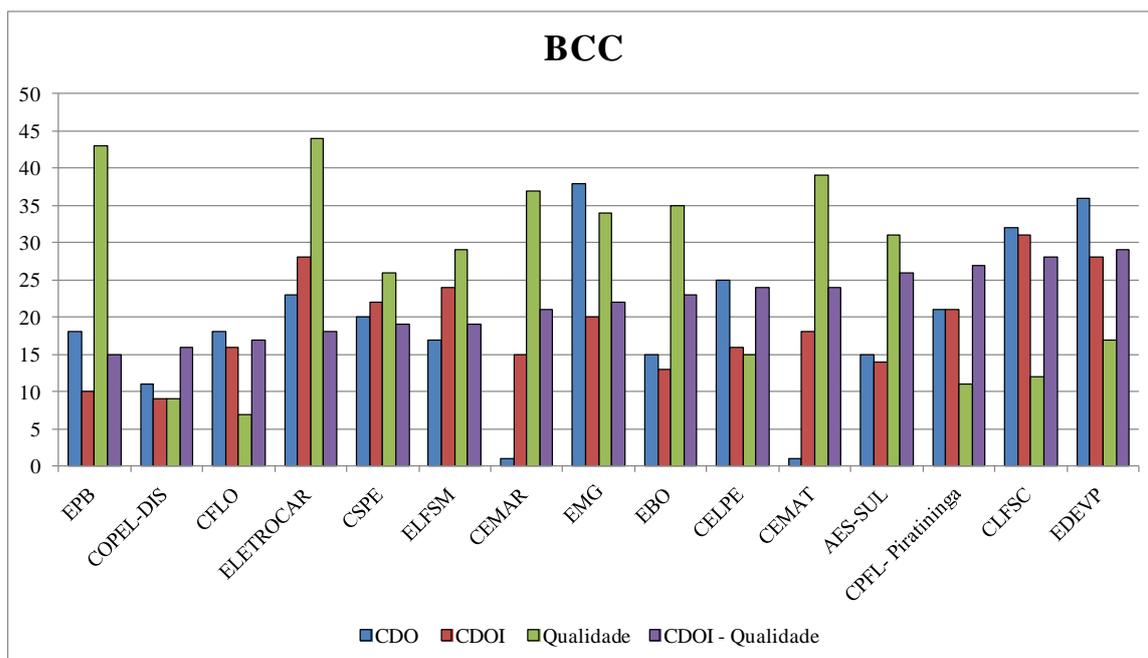


Gráfico 4.19 - *Ranking médio anual em BCC (2º conjunto de empresas).*

Embora EPB e Eletrocar tenham colocações no 43º e 44º lugares, respectivamente, no Modelo Qualidade, escores de eficiência médios de 0,99 e 0,87 no Modelo CDOI garantiram desempenhos nos 15º e 18º lugares no Modelo CDOI - Qualidade.

As empresas melhores colocadas no Modelo Qualidade neste conjunto foram CFLO e Copel (7º e 9º lugares), o que lhes conferiu uma boa colocação no Modelo CDOI - Qualidade, quando consideradas as demais variáveis financeiras.

Verifica-se no Gráfico 4.20 que nenhuma empresa apresentou escore de eficiência médio unitário no 3º conjunto de empresas. DMEPC apresentou escore de eficiência médio igual a 0,885 no Modelo Qualidade (5º lugar), o que lhe garantiu no 31º lugar no *ranking* do Modelo CDOI - Qualidade, apesar do desempenho fraco no Modelo CDOI (48º lugar). Caiuá-D, CPEE, Bandeirante, CELESC-DIS e CNEE apresentaram comportamentos semelhantes. As demais empresas do 3º conjunto (ESE, ENF, CEB-DIS e CERON) tiveram colocações semelhantes em todos os modelos considerados.

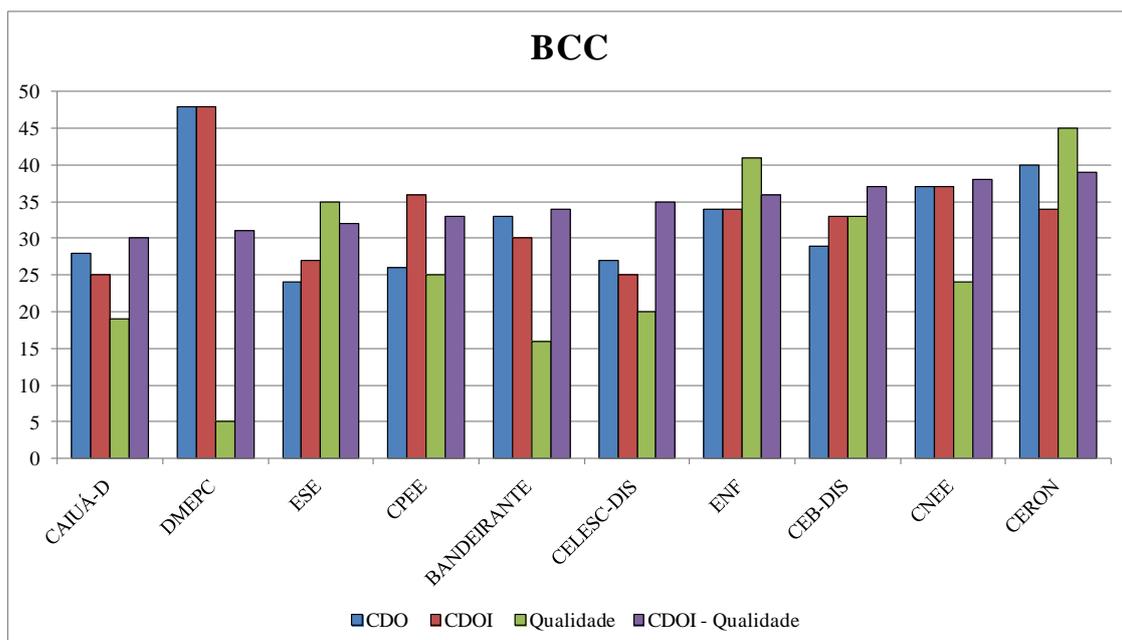


Gráfico 4.20 - Ranking médio anual em BCC (3º conjunto de empresas).

O Gráfico 4.21 apresenta o *ranking* médio do 4º conjunto de empresas, ou seja, aquelas consideradas menos eficientes no Modelo CDOI - Qualidade em BCC. O baixo desempenho no Modelo CDOI apresentado por algumas empresas deste conjunto foi determinante para a definição de suas colocações no Modelo CDOI - Qualidade.

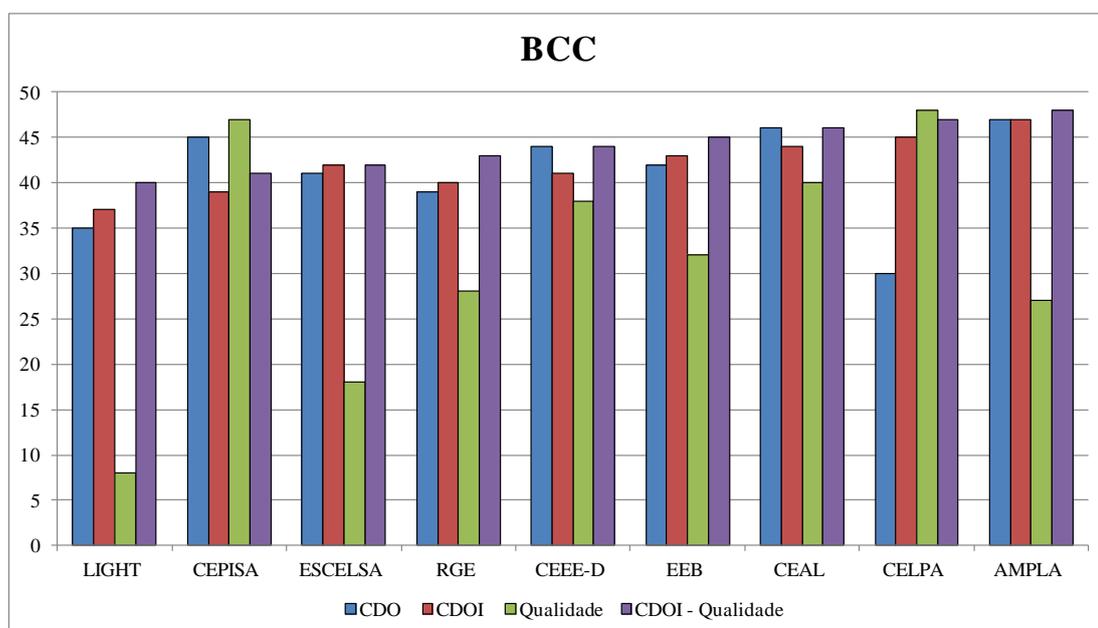


Gráfico 4.21 - Ranking médio anual em BCC (4º conjunto de empresas).

A eficiência média obtida no Modelo CDOI para essas 9 empresas foi de 0,755, quando o valor obtido para o total das 48 distribuidoras é de 0,880. Mesmo um relativo melhor desempenho no Modelo Qualidade como pode ser verificado nos casos da LIGHT (8º lugar) e ESCELSA (18º lugar) não foram suficientes para melhorar os posicionamentos no *ranking* para o Modelo CDOI - Qualidade.

#### 4.14 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O RANKING ANEEL

No Capítulo 2, foi destacada a publicação pela ANEEL de um *ranking* da qualidade do serviço, a partir da obtenção do Indicador de Desempenho Global de Continuidade - DGC, cuja definição encontra-se descrita na Seção 2.5. Conforme anteriormente indicado, este *ranking* começou a ser divulgado na página da ANEEL na *Internet* para o ano 2011. As Tabelas 4.25 e 4.26 apresentam seus resultados.

Tabela 4.25 - DGC: mercado maior que 1 TWh.

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
1º	COELCE	NE
2º	CEMAR	NE
3º	CAIUÁ-D	SE
4º	CELPE	NE
5º	CPFL-Paulista	SE
5º	COPEL-DIS	SU
7º	ENERSUL	CO
8º	COSERN	NE
8º	CPFL- Piratininga	SE
10º	EMG	SE
11º	ELEKTRO	SE
12º	RGE	SU
12º	ESCELSA	SE
14º	BANDEIRANTE	SE
14º	EPB	NE
14º	AmE	NO
14º	CEMAT	CO
18º	AES-SUL	SU
19º	CELESC-DIS	SU
20º	CEMIG-D	SE
20º	COELBA	NE
22º	CEEE-D	SU

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
23°	ELETROPAULO	SE
24°	CELTINS	NO
25°	AMPLA	SE
25°	CERON	NO
27°	CEB-DIS	CO
28°	CELG-D	CO
29°	ESE	NE
30°	CEAL	NE
31°	LIGHT	SE
32°	CEPISA	NE
33°	CELPA	NO

Tabela 4.26 - DGC: mercado menor ou igual a 1 TWh.

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
1°	MUX-Energia	SU
2°	FORCEL	SU
3°	EDEVP	SE
4°	CLFM	SE
5°	CERR	NO
6°	DMEPC	SE
7°	HIDROPAN	SU
8°	UHENPAL	SU
9°	CJE	SE
10°	CLFSC	SE
11°	EFLUL	SU
12°	CSPE	SE
12°	CFLO	SU
14°	CPEE	SE
15°	ELFSM	SE
16°	Boa Vista	NO
17°	SULGIPE	NE
17°	EEB	SE
17°	CNEE	SE
20°	COOPERALIANÇA	SU
21°	EBO	NE
22°	ENF	SE
23°	EFLJC	SU
24°	COCEL	SU

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
25°	IENERGIA	SU
26°	ELETROACRE	NO
27°	CHESP	CO
28°	ELETROCAR	SU
29°	DEMEI	SU
30°	CEA	NO

Considerando apenas os resultados do Modelo Qualidade na modelagem BCC, no período de 2007 a 2010, o *ranking* da qualidade do serviço está apresentado na Tabela 4.27.

Tabela 4.27 - *Ranking do Modelo Qualidade em BCC no período de 2007 a 2010.*

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
1°	CEMIG-D	SE
1°	CPFL-Paulista	SE
1°	ELETROPAULO	SE
4°	COOPERALIANÇA	SU
5°	DMEPC	SE
6°	COELCE	NE
7°	CFLO	SU
8°	LIGHT	SE
9°	COPEL-DIS	SU
10°	ELEKTRO	SE
11°	CPFL- Piratininga	SE
12°	CLFSC	SE
13°	COELBA	NE
14°	CLFM	SE
15°	CELPE	NE
16°	BANDEIRANTE	SE
17°	EDEVP	SE
18°	ESCELSA	SE
19°	CAIUÁ-D	SE
20°	CELESC-DIS	SU
21°	CJE	SE
22°	ENERSUL	CO
23°	COSERN	NE
24°	CNEE	SE
25°	CPEE	SE
26°	CSPE	SE
27°	AMPLA	SE

<b>Posição no Ranking</b>	<b>Sigla</b>	<b>Região</b>
28°	RGE	SU
29°	ELFSM	SE
30°	CELG-D	CO
31°	AES-SUL	SU
32°	EEB	SE
33°	CEB-DIS	CO
34°	EMG	SE
35°	EBO	NE
35°	ESE	NE
37°	CEMAR	NE
38°	CEEE-D	SU
39°	CEMAT	CO
40°	CEAL	NE
41°	ENF	SE
42°	CHESP	CO
43°	EPB	NE
44°	ELETROCAR	SU
45°	CERON	NO
46°	CELTINS	NO
47°	CEPISA	NE
48°	CELPA	NO

Apesar de terem sido verificadas divergências significativas entre as classificações, principalmente no grupo de distribuidoras com mercado maior que 1 TWh, ressalta-se que a comparação dos resultados não é adequada, devido a base temporal em que as observações foram realizadas. Após a consolidação do *ranking* da qualidade do serviço da ANEEL, uma vez que 2011 foi o primeiro ano de sua divulgação, sugere-se, como trabalho futuro, a comparação das duas medidas, assim como a verificação da representatividade de cada uma delas.

#### **4.15 - ÍNDICES DE MALMQUIST DE MUDANÇA DE PRODUTIVIDADE**

A fim de avaliar as mudanças de produtividade ao longo do tempo, pode-se calcular o índice de Malmquist utilizando DEA para os modelos selecionados. Os índices de produtividade foram calculados para intervalos de mudança de quatro anos, uma vez que as alterações anuais são bastante voláteis.

O período de quatro anos aqui utilizado é anualmente recorrente, iniciando em 2007/2008, sendo também considerados os intervalos de 2008/2009 e 2009/2010. Para compor os índices dos quatro anos, foi considerado o valor médio obtido para o período.

Para os Modelos CDO, CDOI e Qualidade, o índice de mudança total da produtividade foi decomposto de acordo com a Equação 2.12 em mudança eficiência pura, variação da eficiência de escala e mudança de fronteira.

Com o propósito de verificar as variações com relação à qualidade, o índice de mudança da produtividade para o Modelo CDOI - Qualidade foi decomposto com base em Equações 2.18 e 2.19 (funções de distância decompostas em produtos não separáveis em atributos de qualidade e de entrada e saídas) e Equação 2.23 (funções de distância que podem ser decompostas em produtos separáveis em atributos de qualidade e de entrada e saídas).

A Tabela 4.28 apresenta os resultados obtidos, em média, para todas as empresas e intervalos de tempo. Os resultados dos modelos sugerem que a produtividade média do setor tem regredido entre 3,5% e 8,1% para todos os modelos, com exceção do Modelo Qualidade, que apresentou um ganho de produtividade de 3,8%. Os resultados dos índices de Malmquist para todos os modelos e considerando cada ano do período estão disponibilizados no Apêndice D.

Tabela 4.28 - Média dos índices de produtividade de Malmquist para o intervalo de quatro anos - 2007 a 2010.

	Modelo CDO	Modelo CDOI	Modelo Qualidade	Modelo CDOI - Qualidade não decomposto	Modelo CDOI - Qualidade decomposto
<b>Índice de Malmquist (<math>M</math>)</b>	<b>0,959</b>	<b>0,958</b>	<b>1,038</b>	<b>0,965</b>	<b>0,919</b>
<b>Qualidade (<math>Mq</math>)</b>	-	-	-	0,959	0,959
<b>Captação de produtividade (<math>P</math>)</b>	<b>1,020</b>	<b>1,011</b>	<b>1,010</b>	<b>1,007</b>	<b>1,011</b>
<b>Eficiência pura (<math>Ep</math>)</b>	1,008	1,010	1,040	1,003	1,010
<b>Eficiência de escala (<math>EE</math>)</b>	1,011	1,001	0,971	1,004	1,001
<b>Alteração de fronteira (<math>F</math>)</b>	<b>0,941</b>	<b>0,947</b>	<b>1,028</b>	<b>0,958</b>	<b>0,947</b>

No entanto, verificou-se que a regressão na produtividade deveu-se principalmente a componente de alteração de fronteira ( $F$ ), evidenciando que a eficiência do setor se afastou da fronteira no período de estudo. Como a variação de  $F$  supera significativamente a variação de  $P$ , o mais forte fator de alteração da produtividade foi uma mudança global da fronteira de produção, e não uma convergência para o desempenho das melhores práticas.

Dessa forma, a fronteira eficiente apresentou uma retração. Os resultados para o Modelo CDOI indicaram que a diferença de desempenho da produtividade manteve-se praticamente inalterada, enquanto a fronteira eficiente teve uma mudança negativa. Já o Modelo Qualidade também exibiu uma reduzida diferença de desempenho para a captação de produtividade, sendo que a fronteira eficiente mudou para o exterior.

O Modelo CDOI - Qualidade não decomposto mostrou uma redução no desempenho geral e na fronteira eficiente, enquanto que a captação de produtividade apresentou um leve acréscimo. Comportamento semelhante pode ser observado para o Modelo CDOI - Qualidade decomposto.

De acordo com os dados da Tabela 4.29, que mostra a variação média da produtividade e componentes relevantes para o Modelo CDOI - Qualidade para cada uma das empresas no período de estudo, verificou-se que apenas onze empresas apresentaram uma melhora do desempenho enquanto as demais regrediram a produtividade para o período em estudo. DMEPC foi a empresa que mais evoluiu, juntamente com ELFSM, ESCELSA, CPFL-Paulista e ENERSUL. As que mais regrediram foram: EPB, CELPA, ELETROCAR, EDEVP e CEB-DIS.

Considerando o Modelo CDOI, foi observado que apenas sete empresas apresentaram uma melhora do desempenho no período em estudo, são elas: DMEPC, CELG-D, ELFSM, ESCELSA, ENERSUL, EBO e BANDEIRANTE. Todas estão incluídas nas onze que apresentaram melhora da performance no Modelo CDOI - Qualidade, ou seja, a inclusão das variáveis de qualidade ampliou a quantidade de empresas com ganhos de produtividade no período.

Tabela 4.29 - *Variação média da produtividade e componentes relevantes para o Modelo CDOI - Qualidade - 2007 a 2010.*

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Qualidade (Mq)</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
AES-SUL	0,948	0,947	1,003	1,001	1,002	0,946
AMPLA	0,956	0,958	0,996	0,995	1,002	0,959
BANDEIRANTE	1,003	0,976	1,052	1,047	1,005	0,954
CAIUÁ-D	0,925	0,932	0,992	0,997	0,995	0,933
CEAL	0,939	0,942	0,998	1,001	0,997	0,940
CEB-DIS	0,847	0,897	0,893	0,894	0,999	0,949
CEEE-D	0,943	0,940	1,001	0,994	1,007	0,943
CELESC-DIS	0,967	0,959	1,015	1,010	1,004	0,953
CELG-D	1,012	1,013	1,000	1,000	1,000	1,012
CELPA	0,914	0,935	0,954	0,948	1,006	0,957
CELPE	0,936	0,953	0,976	0,985	0,990	0,959
CELTINS	0,954	0,962	1,000	1,000	1,000	0,954
CEMAR	0,966	0,960	1,012	1,011	1,001	0,955
CEMAT	1,002	1,014	0,992	1,001	0,991	1,010
CEMIG-D	0,985	0,986	1,000	1,000	1,000	0,985
CEPISA	0,939	0,925	1,031	1,030	1,001	0,911
CERON	0,968	0,977	0,987	0,987	1,000	0,981
CFLO	0,947	0,952	0,996	1,000	0,996	0,951
CHESP	0,922	0,934	1,000	1,000	1,000	0,922
CJE	0,938	0,955	1,000	1,000	1,000	0,938
CLFM	0,957	0,969	0,989	1,000	0,989	0,968
CLFSC	0,922	0,935	0,977	0,981	0,996	0,943
CNEE	0,943	0,946	0,996	0,999	0,997	0,947
COELBA	0,960	0,964	1,000	1,000	1,000	0,960
COELCE	1,015	0,995	1,021	1,000	1,021	0,994
COOPERALIANÇA	0,989	0,947	1,044	1,000	1,044	0,947
COPEL-DIS	1,007	0,986	1,027	1,010	1,017	0,980
COSERN	0,929	0,930	1,000	1,000	1,000	0,929
CPEE	0,973	0,975	1,006	1,016	0,991	0,966
CPFL- Piratininga	0,968	0,960	1,010	1,004	1,006	0,958
CPFL-Paulista	1,034	1,043	1,000	1,000	1,000	1,034
CSPE	0,974	0,972	1,012	1,018	0,995	0,962
DMEPC	1,128	0,942	1,208	1,000	1,208	0,933
EBO	1,028	0,989	1,068	1,050	1,017	0,962
EDEVP	0,871	0,920	0,918	0,939	0,978	0,949
EEB	0,948	0,948	1,003	1,003	1,000	0,946
ELEKTRO	0,939	0,947	0,991	1,000	0,991	0,947
ELETROCAR	0,902	0,969	0,933	1,003	0,931	0,967
ELETROPAULO	0,989	1,008	1,000	1,000	1,000	0,989
ELFSM	1,054	0,995	1,076	1,028	1,046	0,980
EMG	0,951	0,952	1,000	1,000	1,000	0,951

Distribuidora	Índice de Malmquist, M	Qualidade (Mq)	Captação de produtividade (P)	Eficiência pura (Ep)	Eficiência de escala (EE)	Alteração de fronteira (F)
ENERSUL	1,028	1,024	1,005	1,000	1,005	1,023
ENF	0,964	0,965	1,005	1,008	0,997	0,960
EPB	0,921	0,924	1,000	1,000	1,000	0,921
ESCELSA	1,046	1,000	1,101	1,105	0,996	0,950
ESE	0,959	0,942	1,038	1,038	1,000	0,924
LIGHT	0,984	0,976	1,017	1,017	1,000	0,967
RGE	0,968	0,955	1,027	1,028	0,999	0,942

A Tabela 4.30 mostra a correlação entre os índices médios de mudança de produtividade para o setor e seus componentes para o Modelo CDOI - Qualidade no período de estudo. O coeficiente de correlação entre o índice de qualidade e a medida de captação de produtividade do setor é positivo, mas não muito elevado, indicando que as empresas que obtêm uma melhoria da produtividade têm, em certa medida, a qualidade do serviço melhorada. Já a medida de alteração de fronteira apresenta uma forte correlação com o índice de qualidade, indicando que a mudança tecnológica (relacionada com o custo) está associada a um melhor desempenho da qualidade.

Tabela 4.30 - *Correlação entre os índices médios de mudança de produtividade para o Modelo CDOI - Qualidade - 2007 a 2010.*

	Índice de Malmquist (M)	Qualidade (Mq)	Captação de produtividade (P)	Eficiência pura (Ep)	Eficiência de escala (EE)	Alteração de fronteira (F)
Índice de Malmquist (M)	1,00	-	-	-	-	-
Qualidade (Mq)	0,70	1,00	-	-	-	-
Captação de produtividade (P)	0,84	0,25	1,00	-	-	-
Eficiência pura (Ep)	0,59	0,43	0,67	1,00	-	-
Eficiência de escala (EE)	0,64	<b>-0,03</b>	0,78	0,05	1,00	-
Alteração de fronteira (F)	0,45	0,87	<b>-0,10</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,10</b>	1,00

#### 4.16 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse Capítulo, foram abordados os principais resultados obtidos a partir das simulações realizadas. O teste inicial ajudou a perceber os pontos mais relevantes na especificação dos modelos.

Os modelos avaliados foram definidos e especificados: CDO, CDOI, Qualidade e CDOI - Qualidade. Cada um deles contando com diferentes combinações de entradas e saídas, permitindo um estudo sistematizado dos escores de eficiência obtidos para as empresas escolhidas.

Foram apresentados e discutidos os resultados detalhados por unidade de decisão dos escores de eficiência operacional obtidos para cada modelo proposto, assim como foram tratados os valores médios de eficiência para cada modelo, inclusive analisando a correlação entre eles.

Realizou-se uma análise minuciosa do efeito do número de variáveis e da influência dos efeitos de escala. Os resultados das modelagens CCR e BCC foram apresentados, assim como os *rankings* médios anuais. O Modelo Qualidade teve uma atenção especial, uma vez que considerou as variáveis relacionadas com a continuidade do serviço. Foi elucidado que a comparação entre o *ranking* de qualidade do serviço publicado pela ANEEL e o *ranking* obtido a partir do Modelo Qualidade em BCC não são comparáveis, dada a diferença no período de observação.

Por fim, obteve-se o índice de mudança de produtividade de Malmquist para o setor no período de 2007 a 2010, incluindo o aspecto da qualidade do serviço. Também foram destacadas as empresas que apresentaram os melhores e os piores desempenhos quando consideradas as variáveis de qualidade do serviço.

## **5 - CONCLUSÕES**

### **5.1 - ASPECTOS GERAIS**

No presente trabalho, por meio de uma análise do setor de distribuição de energia elétrica brasileiro, foi averiguada a possibilidade de incorporar a qualidade do fornecimento na regulação econômica por meio da análise comparativa das distribuidoras de energia elétrica.

Para isso, foram estudados no Capítulo 2 os conceitos fundamentais sobre a regulação por incentivo à qualidade do serviço e apresentados os instrumentos utilizados pelas agências reguladoras de serviços públicos para assegurar níveis desejáveis de qualidade. Verificou-se que incentivo de qualidade baseado no desempenho dos serviços é a melhor forma de estimular as distribuidoras a melhorar os níveis de qualidade.

A Análise Envoltória de Dados - DEA foi o método de medição da eficiência operacional selecionado para o desenvolvimento da pesquisa. Ainda no Capítulo 2 foi apresentada a base teórica desse método, sua formulação, propriedades e características. Apresentou-se também o alicerce bibliográfico e fundamentação matemática do índice de Malmquist, inclusive para a variação desse índice considerando também os atributos da qualidade.

No Capítulo 3, um conjunto de 48 concessionárias de distribuição de energia elétrica foi definido como as unidades de decisão adotadas no estudo. A dificuldade no acesso das informações financeiras e contábeis para as empresas que não são de capital aberto restringiu a possibilidade de considerar todas as distribuidoras que atuam no setor. Foram definidas como entradas as variáveis monetárias de custos e despesas operacionais e de gastos totais. Os indicadores de continuidade globais DEC e FEC de cada distribuidora também foram especificados como entradas pois representam saídas indesejáveis. Foram escolhidas como variáveis de saída: número total de unidades Consumidoras, energia total distribuída e comprimento total da rede de distribuição.

Foram discutidos no Capítulo 4 os principais resultados obtidos a partir das simulações realizadas. O teste inicial auxiliou na percepção dos pontos mais relevantes na definição e especificação dos quatro modelos: CDO, CDOI, Qualidade e CDOI - Qualidade. Diferentes combinações de entradas e saídas foram consideradas em cada modelo, permitindo um estudo sistematizado dos escores de eficiência obtidos para o conjunto de empresas.

## 5.2 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

Os resultados por unidade de decisão dos escores de eficiência operacional obtidos para cada modelo proposto foram apresentados e discutidos, assim como foram calculados os valores médios de eficiência para cada modelo, inclusive analisando a correlação entre eles.

Descobriu-se que os escores de eficiência médios do setor são maiores no modelo que considera os gastos totais (CDOI) do que no modelo que considera apenas os custos e despesas operacionais totais como entrada (CDO), tanto na modelagem CCR e BCC. O Modelo Qualidade apresentou os menores escores de eficiência, enquanto que o Modelo CDOI - Qualidade obteve os melhores desempenhos considerando todos os modelos.

Verificou-se que os modelos que incorporam a qualidade não apresentaram fortes correlações com os modelos baseados apenas em gastos. Empresas que obtiveram maiores escores de eficiência nos Modelos CDO e CDOI, foram aquelas que apresentaram um pior desempenho no Modelo Qualidade. Isso indica um possível *trade off* ou competências diferentes entre gastos totais e qualidade de serviço. Estes resultados demonstram que, pelo menos conceitualmente, é plausível e desejável integrar qualidade de serviço e despesas de capital na comparação de desempenho operacional das distribuidoras de energia elétrica.

Foram analisados os efeitos da quantidade de variáveis e a influência dos efeitos de escala. Verificou-se que as unidades de decisão recebem os escores de eficiência mais altos proporcionalmente à quantidade de variáveis do modelo, contudo este comportamento não afeta produtos do DEA como os coeficientes de correlação e os *rankings* obtidos. Com

relação aos efeitos de escala, observou-se que no modelo CCR não é considerada a escala de operação na definição da eficiência operacional, apenas é verificado o desempenho da unidade de decisão em relação às demais, independentemente da escala. Tal consideração não é desejável para a avaliação do setor de distribuição de energia elétrica, uma vez que existe grandes diferenças na escala de operação entre as empresas. Assim, o modelo BCC mostrou-se mais adequado para as comparações de desempenho no setor de distribuição, fortemente influenciado pelos retornos variáveis de escala. Não é trivial formular um problema para chegar a esses resultados, mas existe maneira de se reunir uma base de dados relevantes para tal.

Observou-se uma redução na eficiência média do setor no Modelo CDOI em CCR no ano 2008 em relação a 2007. Este comportamento foi explicado pelo aumento significativo dos investimentos nos anos imediatamente anteriores à data da revisão tarifária das distribuidoras, uma vez que sofreriam menor depreciação ao serem contabilizados na base de ativos regulatória.

Analisando especificamente o Modelo Qualidade, foi observado que os valores dos escores de eficiência obtidos foram bastante inferiores aos demais modelos. Após a realização de análises comparativas considerando grupos com uma menor quantidade de empresas, percebeu-se que quando minimizadas as diferenças de escalas, maiores são os escores individuais obtidos em CCR. Isto confirma que os baixos escores obtidos para o grupo das 48 empresas não representam necessariamente que o desempenho do setor com relação à qualidade seja comprovadamente ruim, mas sim uma distância significativa dos desempenhos verificados pelas empresas. A modelagem BCC capta esta diferença, pois considera os efeitos de escala, contudo, quanto menos unidades de decisão são simuladas em BCC, mais distorcidos são os resultados, quando comparados com a configuração inicial considerando todas as empresas.

Também foi realizada uma avaliação do *ranking* médio anual verificado para as 48 empresas considerando todos os modelos especificados. Confirmou-se o comportamento mencionado anteriormente relacionado com a diferença de posições das empresas no *ranking* considerando os modelos baseados em gastos e apenas na qualidade. Verificou-se que as distribuidoras que alcançaram a fronteira de eficiência tanto em CCR como em

BCC geralmente apresentaram um melhor desempenho em custo ou considerando apenas a qualidade. Logo, verificou-se que distribuidoras rentáveis não necessariamente apresentam um bom desempenho quanto à qualidade de serviço.

O trabalho tem como objetivo principal verificar a possibilidade de incluir a qualidade na regulação econômica por meio da análise comparativa das distribuidoras, na prática, foi mostrado que, a partir do cálculo dos índices de Malmquist, é possível incorporar a qualidade no cálculo da tarifa, indo além da simples consideração como parcela do Fator X.

Os índices de Malmquist do Modelo CDOI - Qualidade mostram uma redução da produtividade do setor durante o período 2007 a 2010. As perdas podem ser atribuídas à mudança de fronteira e a piora na qualidade de serviço. Verificou-se que, enquanto o índice de qualidade para o setor tem uma correlação relativamente alta com o índice de eficiência de Malmquist, ele está negativamente correlacionado com a eficiência de escala.

No nível de empresa, no entanto, a maioria apresentou regressão no índice de produtividade ou no índice de qualidade. Apenas onze apresentaram progressos na eficiência operacional, sendo que cinco delas também exibiram melhorias quanto à qualidade.

### **5.3 - DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

O incentivo à qualidade do serviço mostra-se muito importante para o desenvolvimento do setor elétrico, caminhando no sentido de aumentar a eficácia dos regulamentos e reduzindo os efeitos nocivos da regulação econômica para a redução imprudente dos custos em detrimento da qualidade.

A análise de comparação de desempenho e regulação da qualidade de serviço neste trabalho pode ser estendida para também agregar outras dimensões da qualidade do serviço, além da continuidade. É desejável o desenvolvimento de um único indicador que possa abranger os principais aspectos da qualidade do serviço, com a finalidade de ser utilizado como variável no modelo de medição da eficiência operacional.

Outra proposta é o estudo específico para a definição das variáveis de entrada e de saída, considerando o caso específico do setor de distribuição de energia elétrica e a disponibilidade de serem utilizados na implantação dos instrumentos de incentivos baseados em desempenho da qualidade.

Como proposta de trabalho futuro, também pode ser realizada a comparação do *ranking* da qualidade de serviço divulgado pela ANEEL com os resultados obtidos pela comparação de desempenho, obtida a partir do Modelo Qualidade, considerando a modelagem BCC e a mesma base temporal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em 16 março 2011.
- \_\_\_\_\_. Informações Técnicas – Indicadores de Qualidade. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?id\\_area=80](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=80)>. Acesso em 17 agosto 2011.
- \_\_\_\_\_. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=702&idPerfil=2](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=702&idPerfil=2)>. Acesso em 2 fevereiro 2012.
- \_\_\_\_\_. Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET - Módulo 2 - Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82)>. Acesso em 4 fevereiro 2012.
- \_\_\_\_\_. Resolução ANEEL nº 024, de 27 de janeiro de 2000. Estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/res2000024.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000024.pdf)>. Acesso em 17 novembro 2010.
- \_\_\_\_\_. Resolução ANEEL nº 456, de 24 de novembro de 2000. Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf)>. Acesso em 15 novembro 2010.
- \_\_\_\_\_. Resolução ANEEL nº 505, de 26 de novembro de 2001. Estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/res2001505.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2001505.pdf)>. Acesso em 15 novembro 2010.
- \_\_\_\_\_. Resolução Normativa ANEEL nº 345, de 16 de dezembro de 2008. Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2008345.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2008345.pdf)>. Acesso em 16 novembro 2010.
- \_\_\_\_\_. Resolução Normativa ANEEL nº 063, de 12 de maio de 2004. Aprova procedimentos para regular a imposição de penalidades aos concessionários, permissionários, autorizados e demais agentes de instalações e serviços de energia elétrica, bem como às entidades responsáveis pela operação do sistema, pela comercialização de energia elétrica e pela gestão de recursos provenientes de

- encargos setoriais. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2004063.pdf>>. Acesso em 21 fevereiro 2011.
- \_\_\_\_\_.Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf)>. Acesso em 20 fevereiro 2011.
- \_\_\_\_\_.Resolução Normativa ANEEL nº 234, de 31 de outubro de 2006. Estabelece os conceitos gerais, as metodologias aplicáveis e os procedimentos iniciais para realização do segundo ciclo de Revisão Tarifária Periódica das concessionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006234.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006234.pdf)>. Acesso em 17 fevereiro 2011.
- \_\_\_\_\_.Nota Técnica nº 267/2010-SRE/ANEEL, de 25 de agosto de 2010. Metodologia de Cálculo do Fator X a ser Aplicada no Terceiro Ciclo de Revisões Tarifárias das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica – 3CRTP. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/040/documento/nota\\_tecnica\\_n%C2%BA\\_267\\_fator\\_x.pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/040/documento/nota_tecnica_n%C2%BA_267_fator_x.pdf)>. Acesso em 16 dezembro 2010.
- \_\_\_\_\_.Resolução Normativa nº 444, de 30 de agosto de 2011. Aprova a Revisão 3 dos Módulos 1, 6 e 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011444.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011444.pdf)>. Acesso em 2 fevereiro 2012.
- \_\_\_\_\_.Resolução Normativa nº 457, de 8 de novembro de 2011. Aprova o Módulo 2 dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, o qual define a metodologia e os procedimentos gerais para realização do Terceiro Ciclo de Revisões Tarifárias Periódicas das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica – 3CRTP. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011457.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011457.pdf)>. Acesso em 2 fevereiro 2012.
- \_\_\_\_\_.Sistema de Apoio à Decisão - SAD. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550](http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550)>. Acesso em 11 outubro 2011.
- AES SUL DISTRIBUIDORA GAÚCHA DE ENERGIA S/A. Disponível em <[www.aessul.com.br/](http://www.aessul.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS S/A. Disponível em <[www.ampla.com/](http://www.ampla.com/)>. Acesso em setembro 2011.
- BALDWIN R. e CAVE M. (1999). Understanding regulation: theory, strategy and practice. New York: Oxford University Press.

- BANDEIRANTE ENERGIA S/A. Disponível em <[www.bandeirante.com.br/](http://www.bandeirante.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- BANKER, R. D., CHARNES, A. e COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*. pp. 1078-1092.
- BRASIL. Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957. Regulamenta os serviços de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/bdec195741019.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/bdec195741019.pdf)>. Acesso em 15 março 2011.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em 14 março 2011.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Disponível em <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18987cons.htm)>. Acesso em 16 março 2011.
- BURNS, P. e WEYMAN-JONES, T. G. (1996). Cost functions and cost efficiency in electricity distribution: A stochastic frontier approach. *Bulletin of Economic Research*. Volume 48, pp. 41-64.
- CAIUÁ DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA S/A. Disponível em <[www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/caiua/](http://www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/caiua/)>. Acesso em setembro 2011.
- CAVES, D. W., CHRISTENSEN, L. R. e DIEWERT, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*. Volume 50, pp. 1393-1414.
- CEB DISTRIBUIÇÃO S/A. Disponível em <[www.ceb.com.br/](http://www.ceb.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. Disponível em <[www.celesc.com.br/](http://www.celesc.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- CEMIG DISTRIBUIÇÃO S/A. Disponível em <[www.cemig.com.br/](http://www.cemig.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE CARAZINHO S/A. Disponível em <[www.eletrocar.com.br/](http://www.eletrocar.com.br/)>. Acesso em setembro 2011.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DO PARÁ S/A. Disponível em <[www.redenergia.com/concessionarias/celpa/](http://www.redenergia.com/concessionarias/celpa/)>. Acesso em setembro 2011.

- CENTRAIS ELÉTRICAS MATOGROSSENSES S/A. Disponível em [www.redenergia.com/concessionarias/cemat/](http://www.redenergia.com/concessionarias/cemat/). Acesso em setembro 2011.
- CHARNES, A, COOPER, W.W. e RHODES, E.L. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* n.2 p. 429-444.v.2.
- COELLI, T. (1998). A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. University of New England, Australia. Disponível em: [www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm](http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm). Acesso em 30 setembro 2011.
- COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'DONNELL, C. J. e BATTESE, G. E. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis. New York: Springer Science+Business Media Inc.
- COOPER, W. C., SEIFORD, L. M. e TONE, K. (2002). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA. Disponível em [www.coelba.com.br/](http://www.coelba.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. Disponível em [www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/celtins/](http://www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/celtins/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS. Disponível em [www.ceal.com.br/](http://www.ceal.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE GOIÁS. Disponível em [www.celg.com.br/](http://www.celg.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE PERNAMBUCO. Disponível em [www.celpe.com.br/](http://www.celpe.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ. Disponível em [www.coelce.com.br/](http://www.coelce.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO MARANHÃO. Disponível em [www.cemar-ma.com.br/](http://www.cemar-ma.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE. Disponível em [www.cosern.com.br/](http://www.cosern.com.br/). Acesso em outubro 2011.
- COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em [www.cee.com.br/](http://www.cee.com.br/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA FORÇA E LUZ DO OESTE. Disponível em [www.redenergia.com/concessionarias/forca-e-luz-do-oeste/](http://www.redenergia.com/concessionarias/forca-e-luz-do-oeste/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA HIDROELÉTRICA SÃO PATRÍCIO. Disponível em [www.chesp.com.br/](http://www.chesp.com.br/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA JAGUARI DE ENERGIA. Disponível em [www.cpfl.com.br/jaguari/](http://www.cpfl.com.br/jaguari/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA LESTE PAULISTA DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em [www.cpfl.com.br/lestepaulista/](http://www.cpfl.com.br/lestepaulista/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA LUZ E FORÇA MOCOCA. Disponível em [www.cpfl.com.br/mococa/](http://www.cpfl.com.br/mococa/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA LUZ E FORÇA SANTA CRUZ. Disponível em [www.cpfl.com.br/santacruz/](http://www.cpfl.com.br/santacruz/). Acesso em: setembro 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em [www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/nacional/](http://www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/nacional/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. Disponível em [www.cpfl.com.br/paulista/](http://www.cpfl.com.br/paulista/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA PIRATININGA DE FORÇA E LUZ. Disponível em [www.cpfl.com.br/piratininga/](http://www.cpfl.com.br/piratininga/). Acesso em outubro 2011.

COMPANHIA SUL PAULISTA DE ENERGIA. Disponível em [www.cpfl.com.br/sulpaulista/](http://www.cpfl.com.br/sulpaulista/). Acesso em outubro 2011.

COOPERATIVA ALIANÇA. Disponível em [www.cooperalianca.com.br/](http://www.cooperalianca.com.br/). Acesso em outubro 2011.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A. Disponível em [www.copel.com/](http://www.copel.com/). Acesso em outubro 2011.

CVM - Comissão de Valores Imobiliários. Disponível em: < [www.cvm.gov.br](http://www.cvm.gov.br) >. Acesso em setembro 2011.

\_\_\_\_\_.Consulta de Documentos de Companhias Abertas. Disponível em: [cvmweb.cvm.gov.br/SWB/Sistemas/SCW/CPublica/CiaAb/FormBuscaCiaAb.aspx?TipoConsult=c](http://cvmweb.cvm.gov.br/SWB/Sistemas/SCW/CPublica/CiaAb/FormBuscaCiaAb.aspx?TipoConsult=c)>. Acesso em setembro 2011.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ELETRICIDADE DE POÇOS DE CALDAS. Disponível em [www.dme-pc.com.br/](http://www.dme-pc.com.br/). Acesso em outubro 2011.

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Portaria DNAEE nº 046, de 17 de abril de 1978. Estabelece as condições técnicas e a qualidade do serviço de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/prt1978046.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1978046.pdf)>. Acesso em 16 março 2011.

\_\_\_\_\_. Portaria DNAEE nº 047, de 17 de abril de 1978. Estabelece as condições técnicas e a qualidade do serviço de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/prt1978047.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1978047.pdf)>. Acesso em 16 março 2011.

\_\_\_\_\_. Portaria DNAEE nº 095, de 17 de novembro de 1981. Estabelece as disposições referentes às condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/prt1981095.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1981095.pdf)>. Acesso em 15 março 2011.

\_\_\_\_\_. Portaria DNAEE nº 222, de 22 de dezembro de 1987. Estabelece as disposições referentes às Condições Gerais de Fornecimento de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/prt1987222.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1987222.pdf)>. Acesso em 15 março 2011.

\_\_\_\_\_. Portaria DNAEE nº 466, de 12 de novembro de 1997. Estabelece as disposições referentes às Condições Gerais de Fornecimento de energia elétrica. Disponível em <[www.aneel.gov.br/cedoc/prt1997466.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1997466.pdf)>. Acesso em 14 março 2011.

ELEKTRO ELETRICIDADE E SERVIÇOS S/A. Disponível em <<http://www.elektro.com.br/>>. Acesso em outubro 2011.

ELETROBRÁS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ. Disponível em <[www.cepisa.com.br/](http://www.cepisa.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.

ELETROBRÁS DISTRIBUIÇÃO RONDÔNIA. Disponível em <[www.ceron.com.br/](http://www.ceron.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.

ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S/A. Disponível em <[www.aeseletpaulo.com.br/](http://www.aeseletpaulo.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.

EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA VALE PARANAPANEMA S/A. Disponível em <[www.redenergia.com/concessionarias/vale-paranapanema/](http://www.redenergia.com/concessionarias/vale-paranapanema/)>. Acesso em outubro 2011.

EMPRESA ELÉTRICA BRAGANTINA S/A. Disponível em <[www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/bragantina/](http://www.redenergia.com/corporativo/concessionarias/bragantina/)>. Acesso em outubro 2011.

EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL S/A. Disponível em <[www.redenergia.com/concessionarias/enersul/](http://www.redenergia.com/concessionarias/enersul/)>. Acesso em outubro 2011.

EMPRESA LUZ E FORÇA SANTA MARIA S/A. Disponível em <[www.elfsm.com.br/](http://www.elfsm.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.

- ENERGISA BORBOREMA. Disponível em <[www.energisa.com.br/borborema](http://www.energisa.com.br/borborema)>. Acesso em outubro 2011.
- ENERGISA MINAS GERAIS. Disponível em <[www.energisa.com.br/minasgerais](http://www.energisa.com.br/minasgerais)>. Acesso em outubro 2011.
- ENERGISA NOVA FRIBURGO. Disponível em <[www.energisa.com.br/novafriburgo](http://www.energisa.com.br/novafriburgo)>. Acesso em outubro 2011.
- ENERGISA PARAÍBA. Disponível em <[www.energisa.com.br/paraiba](http://www.energisa.com.br/paraiba)>. Acesso em outubro 2011.
- ENERGISA SERGIPE. Disponível em <[www.energisa.com.br/sergipe](http://www.energisa.com.br/sergipe)>. Acesso em outubro 2011.
- ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS S/A. Disponível em <[www.escelsa.com.br/](http://www.escelsa.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.
- FÄRE, R. e GROSSKOPF, S. (1992). Malmquist Indexes and Fisher Ideal Indexes. *The Economic Journal* , pp. 158-60.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S. e LOVELL, C. A. K. (1985). The Measurement of Efficiency of Production. Kluwer-Nijhoff, Boston.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., NORRIS, M. e ZHANG, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, Mar, Volume 84, pp. 66-83.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S. e ROOS, P. (1995). Productivity and quality changes in Swedish pharmacies. *International Journal of Production Economics*, Volume 39, pp. 137-147.
- FARREL, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Volume 120, pp. 253-290.
- GIANNAKIS, D., JAMASB, T. e POLLITT, M. (2003). *Benchmarking and Incentive Regulation of Quality of Service: an Application to the UK Electricity Distribution Utilities. Working Paper 0408*, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- HATTORI, T., JASMAB, T. e POLLITT, M. G. (2002). A comparison of UK and Japanese electricity distribution performance 1985-1988: Lessons for incentive regulation. *Working Paper 0212*. Department of Applied Economics.
- JASMAB, T. e POLLIT, M. (2001). *Benchmarking and regulation: international electricity experience. Utilities Policy*, Volume 9, pp. 107-130.

- JASMAB, T. e POLLITT, M. (2003). International *benchmarking* and regulation: An application to European electricity distribution utilities. *Energy Policy*, dezembro, Volume 31, pp. 1609-1622.
- LAGSET, T., TRENGEREID, F., SAMDAL, K. e HEGGSET, J. (2001). Quality-dependent revenue caps - a model for quality of supply. *CIREC*, Junho.
- LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S/A. Disponível em <<http://www.light.com.br/>>. Acesso em outubro 2011.
- LOPES, P. A. (1999). Probabilidades, Estatística. Rio de Janeiro: Reichmann, Affonso Editores.
- MELLO, J.C.C.B.S., MEZA, L.A., GOMES, E.G. e NETO, L.B., (2005). Curso de Análise Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, RS, Brasil.
- MEYRICK & ASSOCIATES (2002). Electricity Service Quality Incentives Scoping Paper. Queensland Competition Authority.
- RAMANATHAN, R. (2003). An Introduction to Data Envelopment Analysis. California: Sage Publications Inc.
- RAY, S. C. (2004). Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operations Research. New York: Cambridge University Press.
- RIO GRANDE DE ENERGIA S/A. Disponível em <[www.rge-rs.com.br/](http://www.rge-rs.com.br/)>. Acesso em outubro 2011.
- SAPPINGTON, D. E. M. (2005). Regulating Service Quality: A Survey. *Journal of Regulatory Economics*.
- THANASSOULIS, E. (2001). Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software. Norwell: Kluwer Academic Publishers .
- YAISAWARNG, S. e KLEIN, J. D. (1994). The effects of sulfur dioxide controls on productivity change in the US electric power industry. *The Review of Economics and Statistics*, agosto, Volume LXXVI, pp. 447-460.

## APÊNDICE A – DADOS UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES

Tabela A. 1: *Valores de Custos e Despesas Operacionais (milhões de R\$).*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	R\$ 1.151	R\$ 1.214	R\$ 1.273	R\$ 1.446
AMPLA	R\$ 1.640	R\$ 1.900	R\$ 2.262	R\$ 2.176
BANDEIRANTE	R\$ 1.665	R\$ 1.742	R\$ 1.737	R\$ 1.842
CAIUÁ-D	R\$ 155	R\$ 174	R\$ 201	R\$ 212
CEAL	R\$ 513	R\$ 533	R\$ 617	R\$ 704
CEB-DIS	R\$ 646	R\$ 857	R\$ 1.085	R\$ 1.297
CEEE-D	R\$ 1.378	R\$ 1.633	R\$ 1.628	R\$ 1.893
CELESC-DIS	R\$ 2.735	R\$ 2.787	R\$ 3.102	R\$ 3.327
CELG-D	R\$ 1.692	R\$ 1.770	R\$ 1.916	R\$ 2.053
CELPA	R\$ 954	R\$ 1.081	R\$ 1.207	R\$ 1.538
CELPE	R\$ 1.501	R\$ 1.626	R\$ 1.922	R\$ 2.347
CELTINS	R\$ 287	R\$ 302	R\$ 328	R\$ 360
CEMAR	R\$ 527	R\$ 630	R\$ 790	R\$ 954
CEMAT	R\$ 920	R\$ 1.009	R\$ 1.141	R\$ 1.262
CEMIG-D	R\$ 4.569	R\$ 4.894	R\$ 5.797	R\$ 6.717
CEPISA	R\$ 557	R\$ 504	R\$ 581	R\$ 690
CERON	R\$ 449	R\$ 471	R\$ 567	R\$ 541
CFLO	R\$ 40	R\$ 44	R\$ 45	R\$ 51
CHESP	R\$ 19	R\$ 18	R\$ 18	R\$ 19
CJE	R\$ 64	R\$ 60	R\$ 64	R\$ 66
CLFM	R\$ 35	R\$ 33	R\$ 37	R\$ 40
CLFSC	R\$ 148	R\$ 140	R\$ 157	R\$ 175
CNEE	R\$ 78	R\$ 87	R\$ 101	R\$ 106
COELBA	R\$ 1.794	R\$ 2.059	R\$ 2.327	R\$ 2.589
COELCE	R\$ 1.343	R\$ 1.456	R\$ 1.668	R\$ 1.768
COOPERALIANÇA	R\$ 35	R\$ 32	R\$ 47	R\$ 39
COPEL-DIS	R\$ 3.740	R\$ 3.638	R\$ 3.635	R\$ 4.183
COSERN	R\$ 490	R\$ 567	R\$ 637	R\$ 715
CPEE	R\$ 53	R\$ 71	R\$ 58	R\$ 55
CPFL- Piratininga	R\$ 1.464	R\$ 1.562	R\$ 1.655	R\$ 1.682
CPFL-Paulista	R\$ 3.391	R\$ 3.416	R\$ 4.065	R\$ 3.793
CSPE	R\$ 58	R\$ 61	R\$ 70	R\$ 71
DMEPC	R\$ 88	R\$ 85	R\$ 91	R\$ 94
EBO	R\$ 100	R\$ 67	R\$ 98	R\$ 102
EDEVP	R\$ 107	R\$ 137	R\$ 164	R\$ 187
EEB	R\$ 125	R\$ 144	R\$ 154	R\$ 160
ELEKTRO	R\$ 1.554	R\$ 1.883	R\$ 2.044	R\$ 2.281
ELETROCAR	R\$ 26	R\$ 32	R\$ 34	R\$ 36

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
ELETROPAULO	R\$ 5.852	R\$ 6.272	R\$ 6.795	R\$ 7.342
ELFSM	R\$ 71	R\$ 62	R\$ 72	R\$ 92
EMG	R\$ 227	R\$ 251	R\$ 288	R\$ 284
ENERSUL	R\$ 752	R\$ 742	R\$ 744	R\$ 803
ENF	R\$ 59	R\$ 61	R\$ 66	R\$ 70
EPB	R\$ 384	R\$ 545	R\$ 520	R\$ 617
ESCELSA	R\$ 1.044	R\$ 1.100	R\$ 1.158	R\$ 1.063
ESE	R\$ 297	R\$ 311	R\$ 368	R\$ 402
LIGHT	R\$ 4.089	R\$ 4.075	R\$ 4.393	R\$ 4.495
RGE	R\$ 1.317	R\$ 1.385	R\$ 1.561	R\$ 1.566

Tabela A. 2 : Valores de Investimentos (milhões de R\$).

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	R\$ 182,8	R\$ 196,9	R\$ 142,1	R\$ 265,2
AMPLA	R\$ 427,0	R\$ 350,8	R\$ 384,0	R\$ 396,0
BANDEIRANTE	R\$ 173,5	R\$ 161,0	R\$ 147,5	R\$ 188,9
CAIUÁ-D	R\$ 14,4	R\$ 19,3	R\$ 14,8	R\$ 14,8
CEAL	R\$ 88,7	R\$ 87,7	R\$ 133,4	R\$ 138,3
CEB-DIS	R\$ 81,8	R\$ 134,3	R\$ 119,5	R\$ 267,2
CEEE-D	R\$ 85,4	R\$ 91,1	R\$ 126,6	R\$ 97,3
CELESC-DIS	R\$ 343,0	R\$ 342,0	R\$ 288,1	R\$ 382,2
CELG-D	R\$ 202,8	R\$ 230,1	R\$ 218,2	R\$ 154,4
CELPA	R\$ 445,6	R\$ 579,5	R\$ 364,8	R\$ 685,6
CELPE	R\$ 196,9	R\$ 372,0	R\$ 255,2	R\$ 229,3
CELTINS	R\$ 123,2	R\$ 203,9	R\$ 129,3	R\$ 228,6
CEMAR	R\$ 393,6	R\$ 465,3	R\$ 419,0	R\$ 399,1
CEMAT	R\$ 417,2	R\$ 598,3	R\$ 203,2	R\$ 337,1
CEMIG-D	R\$ 734,0	R\$ 718,0	R\$ 726,0	R\$ 448,0
CEPISA	R\$ 70,5	R\$ 89,7	R\$ 144,2	R\$ 275,9
CERON	R\$ 62,0	R\$ 71,0	R\$ 173,6	R\$ 153,6
CFLO	R\$ 4,4	R\$ 3,4	R\$ 2,7	R\$ 4,1
CHESP	R\$ 3,4	R\$ 3,8	R\$ 3,7	R\$ 9,1
CJE	R\$ 3,2	R\$ 3,0	R\$ 4,0	R\$ 9,0
CLFM	R\$ 3,0	R\$ 3,0	R\$ 11,0	R\$ 9,0
CLFSC	R\$ 13,9	R\$ 11,0	R\$ 22,0	R\$ 34,0
CNEE	R\$ 6,6	R\$ 8,5	R\$ 9,4	R\$ 10,3
COELBA	R\$ 909,1	R\$ 631,0	R\$ 804,7	R\$ 976,6
COELCE	R\$ 397,0	R\$ 473,0	R\$ 332,5	R\$ 445,7
COOPERALIANÇA	R\$ 1,4	R\$ 1,5	R\$ 1,7	R\$ 13,7
COPEL-DIS	R\$ 380,1	R\$ 497,7	R\$ 655,2	R\$ 676,3
COSERN	R\$ 88,7	R\$ 123,3	R\$ 131,4	R\$ 142,7
CPEE	R\$ 5,5	R\$ 4,0	R\$ 8,0	R\$ 14,0
CPFL- Piratininga	R\$ 144,0	R\$ 123,0	R\$ 132,0	R\$ 285,0
CPFL-Paulista	R\$ 311,0	R\$ 279,0	R\$ 344,0	R\$ 527,0
CSPE	R\$ 8,5	R\$ 9,3	R\$ 9,0	R\$ 13,0
DMEPC	R\$ 39,0	R\$ 20,7	R\$ 20,0	R\$ 10,7
EBO	R\$ 9,2	R\$ 11,2	R\$ 8,8	R\$ 11,8
EDEVP	R\$ 10,1	R\$ 6,9	R\$ 9,8	R\$ 12,3
EEB	R\$ 16,4	R\$ 19,3	R\$ 15,8	R\$ 17,1
ELEKTRO	R\$ 253,0	R\$ 249,0	R\$ 276,1	R\$ 354,8
ELETROCAR	R\$ 2,9	R\$ 1,4	R\$ 2,3	R\$ 1,6
ELETROPAULO	R\$ 430,0	R\$ 456,7	R\$ 515,7	R\$ 682,3
ELFSM	R\$ 33,0	R\$ 19,6	R\$ 14,3	R\$ 10,8

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
EMG	R\$ 27,5	R\$ 53,7	R\$ 42,2	R\$ 33,9
ENERSUL	R\$ 179,7	R\$ 139,8	R\$ 124,2	R\$ 170,0
ENF	R\$ 7,9	R\$ 6,1	R\$ 7,6	R\$ 8,0
EPB	R\$ 116,8	R\$ 120,3	R\$ 158,3	R\$ 130,8
ESCELSA	R\$ 203,0	R\$ 219,0	R\$ 221,4	R\$ 187,8
ESE	R\$ 57,1	R\$ 84,7	R\$ 80,2	R\$ 68,5
LIGHT	R\$ 342,5	R\$ 498,0	R\$ 507,9	R\$ 577,5
RGE	R\$ 221,0	R\$ 226,0	R\$ 215,0	R\$ 237,0

Tabela A. 3: *Número Total de Unidades Consumidoras.*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	1.100.103	1.128.238	1.150.504	1.181.463
AMPLA	2.218.080	2.351.229	2.365.536	2.325.081
BANDEIRANTE	1.401.373	1.438.735	1.482.448	1.502.914
CAIUÁ-D	198.182	201.873	206.018	211.027
CEAL	771.364	804.964	831.708	877.355
CEB-DIS	766.493	794.223	826.724	851.842
CEEE-D	1.383.102	1.410.811	1.438.063	1.465.866
CELESC-DIS	2.147.974	2.207.029	2.237.074	2.345.805
CELG-D	2.048.249	2.133.438	2.213.183	2.308.834
CELPA	1.498.154	1.550.562	1.666.661	1.761.495
CELPE	2.678.048	2.818.512	2.994.242	3.091.013
CELTINS	372.546	393.214	416.390	441.578
CEMAR	1.437.832	1.535.235	1.687.938	1.822.308
CEMAT	875.336	940.008	992.350	1.040.699
CEMIG-D	6.439.823	6.690.019	6.832.360	7.053.632
CEPISA	812.266	848.763	892.390	949.463
CERON	416.276	416.276	456.824	482.515
CFLO	46.067	47.476	48.695	49.952
CHESP	28.373	29.060	28.960	28.935
CJE	29.587	30.891	31.751	32.692
CLFM	37.848	38.845	39.522	40.569
CLFSC	169.396	174.199	176.765	180.548
CNEE	91.885	95.410	97.669	100.668
COELBA	4.174.548	4.407.551	4.622.033	4.886.178
COELCE	2.490.222	2.629.661	2.739.086	2.856.156
COOPERALIANÇA	28.776	29.798	30.755	31.798
COPEL-DIS	3.437.061	3.523.543	3.628.183	3.759.399
COSERN	963.490	1.006.804	1.075.584	1.127.444
CPEE	47.816	49.035	49.883	51.210
CPFL- Piratininga	1.286.417	1.328.081	1.367.410	1.406.123
CPFL-Paulista	3.334.889	3.427.765	3.502.664	3.595.771
CSPE	66.433	68.318	70.123	72.313
DMEPC	59.558	60.845	62.603	64.463
EBO	151.042	153.780	160.576	166.112
EDEVP	150.108	153.573	156.463	159.684
EEB	115.056	119.508	123.903	128.563
ELEKTRO	2.005.070	2.067.317	2.123.637	2.186.382
ELETROCAR	31.105	31.792	32.185	32.825
ELETROPAULO	5.651.696	5.830.735	5.987.827	6.106.532
ELFSM	77.770	82.368	85.410	89.069

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
EMG	341.785	346.916	371.247	382.470
ENERSUL	716.941	747.986	784.798	810.504
ENF	86.762	88.163	91.335	93.738
EPB	970.494	989.076	1.059.570	1.100.523
ESCELSA	1.100.882	1.150.848	1.185.416	1.237.692
ESE	517.332	528.965	570.147	596.982
LIGHT	3.483.256	3.516.935	3.640.103	3.665.400
RGE	1.005.436	1.192.810	1.226.018	1.256.990

Tabela A. 4: Energia Total Distribuída (MWh).

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	7.009.241	7.345.821	7.198.708	7.584.446
AMPLA	7.450.451	7.770.492	8.033.922	8.269.280
BANDEIRANTE	8.050.276	8.470.972	8.551.777	8.976.829
CAIUÁ-D	946.272	956.192	990.971	1.014.873
CEAL	2.113.671	2.245.894	2.290.342	2.505.415
CEB-DIS	4.293.525	4.552.717	5.001.045	5.382.632
CEEE-D	6.562.921	6.875.966	6.904.786	7.304.244
CELESC-DIS	13.805.471	14.609.888	14.878.058	15.032.587
CELG-D	4.777.205	8.357.595	8.617.247	9.439.156
CELPA	5.117.239	5.518.920	5.580.203	6.061.787
CELPE	8.206.578	9.118.169	9.567.162	9.971.987
CELTINS	1.068.057	1.149.061	1.232.501	1.430.071
CEMAR	3.221.271	3.351.863	3.571.718	4.167.486
CEMAT	4.347.004	4.781.905	5.018.055	5.143.388
CEMIG-D	20.692.935	22.438.573	22.408.987	23.091.413
CEPISA	1.718.833	1.830.357	1.890.006	2.216.669
CERON	1.627.452	1.732.063	1.906.913	2.177.690
CFLO	227.965	238.916	240.033	254.246
CHESP	76.381	78.318	82.267	89.527
CJE	475.609	489.287	414.510	418.525
CLFM	185.798	194.026	193.924	208.136
CLFSC	811.305	781.813	777.221	818.887
CNEE	449.538	458.964	463.729	501.318
COELBA	11.403.187	12.921.123	14.103.384	14.592.574
COELCE	6.552.949	6.992.042	7.313.906	8.163.479
COOPERALIANÇA	128.261	139.032	143.072	159.369
COPEL-DIS	18.522.721	19.632.909	20.241.999	21.302.868
COSERN	3.419.396	3.812.125	4.087.372	3.839.070
CPEE	280.515	285.625	276.728	304.499
CPFL- Piratininga	8.015.106	8.357.732	8.452.819	8.837.889
CPFL-Paulista	18.865.992	19.528.874	19.944.545	20.601.946
CSPE	360.395	376.022	374.813	375.356
DMEPC	352.375	369.200	381.248	398.472
EBO	534.416	241.451	555.002	601.254
EDEVP	663.136	718.399	720.842	727.342
EEB	587.630	712.281	705.546	660.233
ELEKTRO	10.055.021	10.934.053	11.093.390	11.669.848
ELETROCAR	151.906	154.361	142.877	144.121
ELETROPAULO	32.598.275	33.695.497	34.222.002	35.346.784
ELFSM	339.255	362.878	377.751	417.556
EMG	974.317	682.357	1.053.810	1.109.455

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
ENERSUL	2.832.654	2.927.768	3.124.097	3.398.094
ENF	287.425	153.250	316.428	330.628
EPB	2.388.086	1.494.410	2.678.578	3.045.493
ESCELSA	4.568.257	4.759.497	4.885.579	5.221.020
ESE	1.654.142	1.069.092	1.989.795	2.048.719
LIGHT	18.234.807	18.285.227	19.086.104	19.459.868
RGE	6.463.655	6.831.920	6.808.772	6.739.904

Tabela A. 5: *Comprimento Total da Rede de Distribuição (km).*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	38.291	39.411	39.644	39.644
AMPLA	30.607	31.502	32.017	32.521
BANDEIRANTE	12.753	13.125	13.329	13.485
CAIUÁ-D	6.121	6.300	6.371	6.408
CEAL	14.056	14.396	14.825	15.258
CEB-DIS	8.739	8.995	9.160	9.274
CEEE-D	32.490	33.440	33.838	36.614
CELESC-DIS	70.726	72.794	74.040	76.390
CELG-D	155.395	159.938	164.305	166.478
CELPA	62.636	64.467	70.173	81.530
CELPE	67.710	69.690	70.334	70.635
CELTINS	51.792	53.306	57.117	60.618
CEMAR	54.242	55.827	63.937	73.360
CEMAT	106.466	109.579	116.310	128.073
CEMIG-D	357.851	368.314	375.152	382.578
CEPISA	30.574	32.256	35.629	42.384
CERON	42.225	43.245	44.940	46.254
CFLO	1.175	1.209	1.230	1.246
CHESP	2.396	2.466	2.552	2.599
CJE	516	532	590	592
CLFM	2.054	2.114	2.171	2.188
CLFSC	6.783	6.981	7.051	7.134
CNEE	2.728	2.807	2.832	2.883
COELBA	122.354	125.931	135.153	138.554
COELCE	67.914	69.900	74.886	77.264
COOPERALIANÇA	445	455	471	500
COPEL-DIS	169.533	174.490	178.629	180.676
COSERN	24.649	25.370	26.280	27.059
CPEE	2.796	2.878	2.953	2.970
CPFL- Piratininga	9.628	9.910	10.087	10.204
CPFL-Paulista	75.493	77.700	78.099	78.930
CSPE	3.254	3.349	3.419	3.458
DMEPC	725	746	762	782
EBO	1.937	1.994	2.027	2.054
EDEVP	6.401	6.588	6.665	6.711
EEB	4.622	4.757	4.912	5.018
ELEKTRO	78.830	81.135	82.300	82.874
ELETROCAR	1.501	1.510	1.514	1.519
ELETROPAULO	18.944	19.498	19.817	20.216
ELFSM	5.760	5.899	6.033	6.209
EMG	20.321	20.915	21.665	22.070

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
ENERSUL	71.617	73.711	75.799	77.800
ENF	1.066	1.097	1.112	1.101
EPB	34.516	35.525	36.657	35.444
ESCELSA	43.341	44.609	45.732	47.084
ESE	14.490	14.914	16.114	16.552
LIGHT	21.275	21.897	22.248	22.541
RGE	45.765	47.103	48.561	49.462

Observação: Somente redes de distribuição em média e baixa tensão.

Tabela A. 6: *Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora - DEC (h).*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	20,57	19,51	20,78	18,02
AMPLA	14,25	13,21	19,47	23,81
BANDEIRANTE	9,8	11,37	12,78	12,21
CAIUÁ-D	8,04	5,93	7,3	6,98
CEAL	20,99	19,62	20,82	20,58
CEB-DIS	11,03	20,63	16,25	14,8
CEEE-D	25,79	23,83	26,99	21,63
CELESC-DIS	13,07	14,39	13,56	13,53
CELG-D	24,44	22,87	24,89	20,85
CELPA	56,92	76,93	83,44	101,87
CELPE	15,1	13,55	16,58	17,14
CELTINS	47,69	46	52,22	46,45
CEMAR	28,59	27,19	23,45	21,5
CEMAT	27,52	27,86	29,28	28,66
CEMIG-D	13,14	13,66	14,09	12,99
CEPISA	45,04	51,55	43,62	40,81
CERON	41,55	36,8	36,26	31,73
CFLO	3,89	3,33	4,62	5,31
CHESP	17,96	18,97	17,01	11,92
CJE	6,33	7,24	10,61	9,24
CLFM	4,25	7,66	8,2	4,59
CLFSC	4,6	5,66	5,47	5,49
CNEE	7,97	8,04	7,3	8,22
COELBA	13,96	14,01	14,97	26,59
COELCE	8,7	7,3	7,67	7,54
COOPERALIANÇA	4,07	2,92	4,63	3,53
COPEL-DIS	13,54	12,18	12,91	11,46
COSERN	13,04	13,73	14,22	12,7
CPEE	6,82	8,73	11,3	8,28
CPFL- Piratininga	6,9	6,54	11,02	6,88
CPFL-Paulista	6,84	6,85	7,62	5,65
CSPE	11,6	8,13	8,93	9,21
DMEPC	3,15	5,45	3,5	3,12
EBO	13,64	16,55	14,98	13,58
EDEVP	7,29	6,33	7,14	6,2
EEB	11,44	11,6	11,23	11,43
ELEKTRO	9,36	8,52	11,09	9,48
ELETROCAR	74,53	18,89	18,35	13,08
ELETROPAULO	8,9	9,2	16,12	10,6
ELFSM	8,52	10,57	14,64	9,35

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
EMG	12,16	15,67	19,01	12,54
ENERSUL	13,13	11,98	12,35	10,23
ENF	17,97	20,58	24,01	13,48
EPB	34,7	34,47	46,1	29,24
ESCELSA	11,53	10,67	11,43	8,95
ESE	15,63	21,92	16,66	23,66
LIGHT	9,09	11,06	14,03	11,33
RGE	16,64	15,42	14,43	14,71

Tabela A. 7: *Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora - FEC.*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
AES-SUL	11,48	12,37	11,9	10,09
AMPLA	10,18	10,06	11,92	12,74
BANDEIRANTE	5,98	6,3	6,44	7,09
CAIUÁ-D	7,9	5,65	6,96	9,02
CEAL	17,24	15,32	15,68	14,31
CEB-DIS	12,31	19,37	15,21	14,79
CEEE-D	18,63	16,25	15,18	15,03
CELESC-DIS	10,08	10,54	9,79	10,22
CELG-D	20,27	20,3	20,72	16,03
CELPA	45,66	50,22	48,4	53,02
CELPE	8,3	7,19	6,99	7,27
CELTINS	33,76	33,87	39,31	33,03
CEMAR	19,78	16,75	15,1	13,98
CEMAT	24,8	23,79	22,86	21,9
CEMIG-D	6,4	6,53	6,76	6,55
CEPISA	36,91	36,35	32,8	32,15
CERON	56,15	45,66	39,9	29,73
CFLO	3,76	4	5,27	5,44
CHESP	41,09	39,17	30,36	25,45
CJE	5,87	5,41	6,06	7,81
CLFM	5,87	7,26	8,29	4,52
CLFSC	6,72	6,93	7,55	6,52
CNEE	10,56	13,98	9,6	11,51
COELBA	7,83	7,01	7,47	11,16
COELCE	6,52	6,04	5,91	5,61
COOPERALIANÇA	1,94	2,08	5,42	3,4
COPEL-DIS	12,41	10,69	11,03	9,46
COSERN	9,25	8,22	7,9	6,98
CPEE	7,95	8,86	10,73	7,69
CPFL- Piratininga	5,79	5,36	6,41	5,22
CPFL-Paulista	5,72	5,87	5,77	5,04
CSPE	9,1	7,09	7,37	7,74
DMEPC	3,76	6,43	2,85	3,47
EBO	12,91	12,3	11,66	9,91
EDEVP	7,9	6,91	7,74	5,98
EEB	11,7	11,54	8,81	10,67
ELEKTRO	6,41	6,02	6,6	5,74
ELETROCAR	22,98	15,93	15,48	14,25
ELETROPAULO	5,65	5,2	7,21	5,43
ELFSM	4,93	8,25	9,99	8,59
EMG	10,71	13,1	13,62	13,07

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
ENERSUL	9,27	7,8	9,09	7,16
ENF	11,91	22,99	15,83	11,78
EPB	21,01	18,17	21,57	15,97
ESCELSA	7,65	6,93	6,91	6,26
ESE	11,22	12,68	11,24	12,11
LIGHT	6,4	6,74	7,13	5,76
RGE	10,55	9,67	8,8	9,66

## APÊNDICE B – FONTE DA ROTINA BÁSICA EM MATLAB®

```
% Programa DEA;
clear all;
%% Seleção do Modelo;
modelo='BCC';          % Seleção do modelo - modelo= 'BCC' ou
                        'CCR';
orientacao='os';       % orientacao = 'oe' ou 'os' (para
                        orientação à entrada ou saída);
epsilon=.001;         % epsilon para os modelos BCC e CCR ;
%% Entre com as entradas e saídas das unidades de decisão ;
% X - matriz de entradas;
X = [
2.58;
4.86;
4.32;
5.07]
% Y - matriz de saídas;
Y = [
3.09;
3.76;
3.60;
3.67]
% Extração do número de unidades de decisão, entradas e
saídas;
[n,m] = size(X);
[n,s] = size(Y);
%% Calcula o resultado para o modelo selecionado;
switch modelo;
    % modelo BCC;
    case ('BCC')
        switch orientacao;
            % orientação à entrada;
            case ('oe')
                Z = zeros(n,n+m+s+1);
                % função objetivo do modelo BCC;
                f = [zeros(1,n) -epsilon*ones(1,s+m) 1];
                front_inf_lambda = zeros(n,1);
                front_inf_saida = zeros(s,1);
                front_inf_entrada = zeros(m,1);
            lb = [front_inf_lambda; front_inf_saida; front_inf_entrada];
            for j=1:n
                Aeq = [Y', -eye(s,s), zeros(s,m+1);
                    -X', zeros(m,s), -eye(m,m) X(j,:)'];
                    ones(1,n), zeros(1,s), zeros(1,m+1)];
                beq = [Y(j,:)';zeros(m,1);1];
                z = linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb);
                Z(j,:) = z;
            end
            Z
            % orientação à saída;
```

```

    case ('os')
        Z = zeros(n,n+m+s+1);
        % função objetivo do modelo BCC;
        f = -[zeros(1,n), epsilon*ones(1,s+m), 1];
        front_inf_lambda = zeros(n,1);
        front_inf_saida = zeros(s,1);
        front_inf_entrada = zeros(m,1);
        lb = [front_inf_lambda; front_inf_saida;
front_inf_entrada];
        for j=1:n
            Aeq = [-Y', eye(s,s), zeros(s,m), Y(j,:)';
                X', zeros(m,s), eye(m,m),
                zeros(m,1);
                ones(1,n), zeros(1,s+m+1)];
            beq = [zeros(s,1);X(j,:)';1];
            z = linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb);
            Z(j,:) = z;
        end
        Z

    end
    % modelo CCR;
    case ('CCR')
        switch orientacao;
            % orientação à entrada;
            case ('oe')
                Z = zeros(n,n+m+s+1);
                % função objetivo do modelo CCR;
                f = [zeros(1,n) -epsilon*ones(1,s) -
epsilon*ones(1,m) 1];
                front_inf_lambda = zeros(n,1);
                front_inf_saida = zeros(s,1);
                front_inf_entrada = zeros(m,1);
                lb = [front_inf_lambda; front_inf_saida;
front_inf_entrada];
                for j=1:n
                    Aeq = [Y', -eye(s,s), zeros(s,m+1);
                        -X', zeros(m,s), -eye(m,m), X(j,:)'];
                    beq = [Y(j,:)';zeros(m,1)];
                    z = linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb);
                    Z(j,:) = z;
                end
                Z
            % orientação à saída;
            case ('os')
                Z = zeros(n,n+m+s+1);

                % função objetivo do modelo CCR;
                f = -[zeros(1,n), epsilon*ones(1,s+m), 1];
                front_inf_lambda = zeros(n,1);
                front_inf_saida = zeros(s,1);

```

```

        front_inf_entrada = zeros(m,1);
        lb = [front_inf_lambda; front_inf_saida;
front_inf_entrada];
        for j=1:n
            Aeq = [-Y', eye(s,s), zeros(s,m), Y(j,:)]';
                X', zeros(m,s), eye(m,m),
                zeros(m,1)];
            beq = [zeros(s,1);X(j,:)]';
            z = linprog(f,[],[],Aeq,beq,lb);
            Z(j,:) = z;
        end
    Z
end
end

```

```

%% Gera o arquivo de saída "Arquivo_resultados.table";

```

```

% Nome das unidades de decisão;

```

```

temp1 = 'UND_';
temp2 = ones(n,1)*temp1;
temp3 = char(temp2);
temp4 = num2str((1:n)');
nameDMU = [temp3, temp4];
clear temp1 temp2 temp3 temp4

```

```

% Entradas;

```

```

temp1 = '    Entrada_';
temp2 = ones(m,1)*temp1;
temp3 = char(temp2);
temp4 = num2str((1:m)');
temp5 = [temp3, temp4];
labelX = [];
for ind = 1:m
    labelX = [labelX, temp5(ind,:)];
end
labelX;
clear temp1 temp2 temp3 temp4 temp5

```

```

% Saídas;

```

```

temp1 = '    Saída_';
temp2 = ones(s,1)*temp1;
temp3 = char(temp2);
temp4 = num2str((1:s)');
temp5 = [temp3, temp4];
labelY = [];
for ind = 1:s
    labelY = [labelY,temp5(ind,:)];
end
labelY;
clear temp1 temp2 temp3 temp4 temp5

```

```

% Lambda;
temp1 = '    Lambda_';
temp2 = ones(n,1)*temp1;
temp3 = char(temp2);
temp4 = num2str((1:n)');
temp5 = [temp3, temp4];
labellambda = [];
for ind = 1:n
    labellambda = [labellambda,temp5(ind,:)];
end
labellambda;
clear temp1 temp2 temp3 temp4 temp5

% Formatação de X;
temp1 = '%12.2f';
formatX = [];
for ind = 1:m
    formatX = [formatX,temp1];
end
clear temp1;

% Formatação de Y;
temp1 = '%12.2f';
formatY = [];
for ind = 1:s
    formatY = [formatY,temp1];
end
clear temp1;

% Formatação de Lambda;
temp1 = '%12.2f';
formatlambda = [];
for ind = 1:n
    formatlambda = [formatlambda,temp1];
end
clear temp1;

%% Gera o arquivo de saída "Arquivo_resultados.table";

fid = fopen('Arquivo_resultados.table','wt');
fprintf(fid,'Resultados do DEA para');

switch modelo
    case 'BCC'
        switch orientacao
            case 'oe'
                fprintf(fid,'Modelo BCC orientado a entrada\n\n');
            case 'os'
                fprintf(fid, Modelo BCC orientado a saída\n\n');
        end
        fprintf(fid,'Modelo BCC \n\n');

```

```

fmtW = [formatX, formatY, formatlambda, formatX, formatY,
'%8.2f \n'];
W = [X, Y, Z ];
fprintf(fid,['Nome da UND', labelX, labelY, labellambda
' Theta\n']);

case 'CCR'
switch orientacao
case 'oe'
fprintf(fid,'Modelo CCR orientado a entrada \n\n');
case 'os'
fprintf(fid,'Modelo CCR orientado a saída \n\n');
end
fprintf(fid,'Modelo CCR\n\n');
fmtW = [formatX, formatY, formatlambda, formatX, formatY,
'%8.2f \n'];
W = [X, Y, Z ];
fprintf(fid,['Nome da UND', labelX, labelY, labellambda
Theta\n']);
end

for ind = 1:n;
fprintf(fid,nameDMU(ind,:));
fprintf(fid,fmtW,W(ind,:));
end
fclose(fid);

```

## APÊNDICE C – RESULTADOS OBTIDOS CONSIDERANDO TODOS OS MODELOS E CADA ANO DO PERÍODO

Tabela C.1: *Resultados do Modelo CDO para CCR.*

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,870	0,880	0,840	0,830	0,855
AMPLA	0,630	0,570	0,630	0,660	0,623
BANDEIRANTE	0,810	0,750	0,670	0,650	0,720
CAIUÁ-D	0,800	0,780	0,810	0,830	0,805
CEAL	0,660	0,660	0,690	0,640	0,663
CEB-DIS	0,690	0,700	0,730	0,890	0,753
CEEE-D	0,640	0,650	0,600	0,650	0,635
CELESC-DIS	0,750	0,740	0,720	0,680	0,723
CELG-D	0,870	0,860	0,840	0,630	0,800
CELPA	0,720	0,800	0,820	0,820	0,790
CELPE	0,730	0,810	0,870	0,820	0,808
CELTINS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAR	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAT	0,840	0,890	0,890	0,900	0,880
CEMIG-D	0,660	0,720	0,800	0,750	0,733
CEPISA	0,740	0,730	0,710	0,530	0,678
CERON	0,790	0,680	0,710	0,710	0,723
CFLO	0,830	0,920	0,850	0,790	0,848
CHESP	1,000	0,950	0,890	0,840	0,920
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	0,890	0,810	0,980	0,950	0,908
CLFSC	0,770	0,800	0,840	0,770	0,795
CNEE	0,760	0,720	0,730	0,780	0,748
COELBA	1,000	1,000	1,000	0,980	0,995
COELCE	0,850	0,800	0,800	0,760	0,803
COOPERALIANÇA	0,670	0,430	0,670	0,450	0,555
COPEL-DIS	0,850	0,910	0,790	0,720	0,818
COSERN	0,920	1,000	1,000	1,000	0,980
CPEE	1,000	0,790	0,620	0,830	0,810
CPFL- Piratininga	0,880	0,770	0,730	0,730	0,778
CPFL-Paulista	0,910	0,740	0,790	0,750	0,798
CSPE	0,910	0,870	0,930	0,870	0,895
DMEPC	0,740	0,640	0,560	0,520	0,615
EBO	1,000	0,890	0,880	0,760	0,883
EDEVF	0,650	0,740	0,770	0,880	0,760
EEB	0,690	0,750	0,720	0,640	0,700
ELEKTRO	0,850	0,870	0,840	0,920	0,870

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ELETRONCAR	0,600	0,790	0,760	0,740	0,723
ELETRONPAULO	0,800	0,760	0,740	0,750	0,763
ELFSM	0,850	0,990	1,000	0,800	0,910
EMG	0,810	0,730	0,690	0,750	0,745
ENERSUL	0,860	0,870	0,770	0,730	0,808
ENF	0,790	0,730	0,610	0,710	0,710
EPB	0,940	0,990	0,740	1,000	0,918
ESCELSA	0,840	0,690	0,660	0,640	0,708
ESE	0,890	0,870	0,700	0,810	0,818
LIGHT	0,720	0,660	0,630	0,610	0,655
RGE	0,720	0,690	0,700	0,690	0,700
Média Anual	0,816	0,800	0,786	0,774	0,794

Tabela C.2: Resultados do Modelo CDO para BCC.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,930	0,920	0,950	0,920	0,930
AMPLA	0,670	0,580	0,640	0,700	0,648
BANDEIRANTE	0,860	0,800	0,770	0,740	0,793
CAIUÁ-D	0,820	0,780	0,820	0,830	0,813
CEAL	0,670	0,670	0,700	0,640	0,670
CEB-DIS	0,730	0,730	0,800	0,970	0,808
CEEE-D	0,680	0,680	0,660	0,720	0,685
CELESC-DIS	0,800	0,800	0,860	0,820	0,820
CELG-D	1,000	1,000	1,000	0,980	0,995
CELPA	0,730	0,800	0,840	0,850	0,805
CELPE	0,750	0,820	0,880	0,850	0,825
CELTINS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAR	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAT	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,740	0,730	0,710	0,540	0,680
CERON	0,820	0,680	0,740	0,710	0,738
CFLO	0,860	1,000	0,920	0,890	0,918
CHESP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	0,930	0,860	1,000	1,000	0,948
CLFSC	0,790	0,800	0,840	0,770	0,800
CNEE	0,760	0,740	0,750	0,800	0,763
COELBA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COELCE	0,850	0,800	0,800	0,770	0,805
COOPERALIANÇA	0,750	0,550	0,850	0,610	0,690
COPEL-DIS	1,000	1,000	1,000	0,920	0,980
COSERN	0,940	1,000	1,000	1,000	0,985
CPEE	1,000	0,810	0,620	0,850	0,820
CPFL- Piratininga	0,930	0,830	0,840	0,840	0,860
CPFL-Paulista	1,000	0,880	0,990	0,950	0,955
CSPE	0,910	0,890	0,940	0,890	0,908
DMEPC	0,740	0,660	0,580	0,550	0,633
EBO	1,000	0,940	0,980	0,800	0,930
EDEV	0,660	0,740	0,780	0,880	0,765
EEB	0,700	0,750	0,730	0,650	0,708
ELEKTRO	0,910	0,890	0,920	1,000	0,930
ELETROCAR	0,680	0,910	0,880	0,880	0,838
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,850	1,000	1,000	0,840	0,923
EMG	0,810	0,730	0,700	0,760	0,750

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	0,910	0,900	0,830	0,770	0,853
ENF	0,820	0,800	0,740	0,790	0,788
EPB	0,940	0,990	0,740	1,000	0,918
ESCELSA	0,870	0,690	0,680	0,660	0,725
ESE	0,900	0,870	0,720	0,820	0,828
LIGHT	0,790	0,770	0,770	0,760	0,773
RGE	0,760	0,700	0,770	0,740	0,743
<b>Média Anual</b>	<b>0,860</b>	<b>0,844</b>	<b>0,849</b>	<b>0,843</b>	<b>0,849</b>

Tabela C.3: Resultados do Modelo CDOI para CCR.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,820	0,930	0,790	0,860	0,850
AMPLA	0,590	0,610	0,670	0,630	0,625
BANDEIRANTE	0,770	0,820	0,690	0,690	0,743
CAIUÁ-D	0,840	0,840	0,850	0,930	0,865
CEAL	0,690	0,720	0,780	0,690	0,720
CEB-DIS	0,600	0,750	0,710	0,930	0,748
CEEE-D	0,680	0,720	0,660	0,730	0,698
CELESC-DIS	0,740	0,800	0,700	0,720	0,740
CELG-D	1,000	0,870	0,840	0,710	0,855
CELPA	0,630	0,740	0,640	0,680	0,673
CELPE	0,810	0,930	0,900	0,890	0,883
CELTINS	1,000	0,950	0,840	1,000	0,948
CEMAR	0,980	0,900	0,820	0,820	0,880
CEMAT	0,920	0,850	0,640	0,750	0,790
CEMIG-D	0,810	0,730	0,820	0,800	0,790
CEPISA	0,740	0,790	0,850	0,670	0,763
CERON	0,820	0,590	0,720	0,750	0,720
CFLO	0,920	0,880	0,790	0,940	0,883
CHESP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	0,860	0,750	0,830	0,870	0,828
CLFSC	0,780	0,840	0,900	0,880	0,850
CNEE	0,780	0,780	0,780	0,820	0,790
COELBA	0,930	0,990	1,000	0,830	0,938
COELCE	0,870	0,890	0,810	0,760	0,833
COOPERALIANÇA	0,570	0,510	0,780	0,530	0,598
COPEL-DIS	0,860	0,900	0,780	0,790	0,833
COSERN	0,910	1,000	1,000	1,000	0,978
CPEE	0,870	0,780	0,680	0,830	0,790
CPFL- Piratininga	0,780	0,840	0,750	0,780	0,788
CPFL-Paulista	0,860	0,810	0,820	0,810	0,825
CSPE	0,950	0,890	0,900	0,900	0,910
DMEPC	0,690	0,620	0,510	0,420	0,560
EBO	1,000	1,000	1,000	0,820	0,955
EDEVP	0,740	0,820	0,880	0,980	0,855
EEB	0,710	0,780	0,700	0,720	0,728
ELEKTRO	0,850	0,900	0,840	0,950	0,885
ELETROCAR	0,730	0,690	0,860	0,890	0,793
ELETROPAULO	0,770	0,840	0,770	0,820	0,800
ELFSM	0,930	0,880	0,840	0,690	0,835
EMG	0,990	0,750	0,730	0,850	0,830

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	0,950	0,820	0,750	0,710	0,808
ENF	0,750	0,890	0,690	0,740	0,768
EPB	1,000	1,000	0,850	1,000	0,963
ESCELSA	0,840	0,690	0,650	0,650	0,708
ESE	0,900	0,880	0,760	0,850	0,848
LIGHT	0,680	0,710	0,640	0,660	0,673
RGE	0,720	0,720	0,680	0,700	0,705
<b>Média Anual</b>	<b>0,826</b>	<b>0,821</b>	<b>0,789</b>	<b>0,801</b>	<b>0,809</b>

Tabela C.4: Resultados do Modelo CDOI para BCC.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,930	1,000	0,970	0,930	0,958
AMPLA	0,740	0,640	0,690	0,710	0,695
BANDEIRANTE	0,920	0,920	0,830	0,780	0,863
CAIUÁ-D	0,870	0,840	0,860	0,930	0,875
CEAL	0,720	0,720	0,780	0,690	0,728
CEB-DIS	0,710	0,800	0,840	1,000	0,838
CEEE-D	0,780	0,790	0,740	0,790	0,775
CELESC-DIS	0,860	0,920	0,890	0,830	0,875
CELG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CELPA	0,650	0,800	0,690	0,760	0,725
CELPE	0,920	0,940	0,920	1,000	0,945
CELTINS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAR	1,000	0,970	0,920	0,940	0,958
CEMAT	1,000	1,000	0,810	0,950	0,940
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,740	0,810	0,960	0,680	0,798
CERON	0,820	0,690	0,900	0,850	0,815
CFLO	1,000	0,940	0,840	1,000	0,945
CHESP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	0,930	0,760	0,850	0,880	0,855
CLFSC	0,780	0,850	0,940	0,880	0,863
CNEE	0,790	0,790	0,790	0,830	0,800
COELBA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COELCE	0,930	0,920	0,830	0,890	0,893
COOPERALIANÇA	0,770	0,580	0,860	0,660	0,718
COPEL-DIS	1,000	1,000	1,000	0,970	0,993
COSERN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPEE	0,910	0,790	0,710	0,830	0,810
CPFL- Piratininga	0,940	0,950	0,930	0,890	0,928
CPFL-Paulista	1,000	0,960	1,000	0,990	0,988
CSPE	0,980	0,890	0,920	0,900	0,923
DMEPC	0,710	0,630	0,520	0,440	0,575
EBO	1,000	1,000	1,000	0,860	0,965
EDEVP	0,740	0,830	0,930	0,980	0,870
EEB	0,720	0,790	0,730	0,720	0,740
ELEKTRO	0,950	0,990	1,000	1,000	0,985
ELETROCAR	0,900	0,730	0,890	0,960	0,870
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,970	0,930	0,940	0,720	0,890
EMG	1,000	0,850	0,930	0,930	0,928

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	0,950	0,970	0,950	0,850	0,930
ENF	0,830	0,920	0,710	0,800	0,815
EPB	1,000	1,000	0,960	1,000	0,990
ESCELSA	0,920	0,720	0,700	0,680	0,755
ESE	0,960	0,880	0,800	0,860	0,875
LIGHT	0,820	0,830	0,770	0,780	0,800
RGE	0,800	0,760	0,810	0,740	0,778
<b>Média Anual</b>	<b>0,895</b>	<b>0,877</b>	<b>0,877</b>	<b>0,873</b>	<b>0,880</b>

Tabela C.5: Resultados do Modelo Qualidade para CCR.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,150	0,160	0,140	0,130	0,145
AMPLA	0,170	0,250	0,300	0,260	0,245
BANDEIRANTE	0,220	0,300	0,220	0,240	0,245
CAIUÁ-D	0,050	0,060	0,060	0,050	0,055
CEAL	0,070	0,080	0,070	0,060	0,070
CEB-DIS	0,100	0,120	0,070	0,120	0,103
CEEE-D	0,110	0,120	0,100	0,090	0,105
CELESC-DIS	0,350	0,440	0,370	0,390	0,388
CELG-D	0,270	0,250	0,260	0,230	0,253
CELPA	0,030	0,040	0,040	0,050	0,040
CELPE	0,380	0,420	0,370	0,320	0,373
CELTINS	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
CEMAR	0,150	0,150	0,110	0,090	0,125
CEMAT	0,150	0,150	0,150	0,140	0,148
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,040	0,040	0,030	0,030	0,035
CERON	0,050	0,050	0,040	0,040	0,045
CFLO	0,010	0,020	0,030	0,020	0,020
CHESP	0,010	0,010	0,000	0,000	0,005
CJE	0,010	0,020	0,020	0,020	0,018
CLFM	0,020	0,010	0,010	0,020	0,015
CLFSC	0,060	0,070	0,060	0,080	0,068
CNEE	0,020	0,030	0,020	0,020	0,023
COELBA	0,400	0,640	0,590	0,540	0,543
COELCE	0,630	0,740	0,640	0,510	0,630
COOPERALIANÇA	0,010	0,010	0,020	0,020	0,015
COPEL-DIS	0,710	0,750	0,720	0,630	0,703
COSERN	0,160	0,160	0,130	0,130	0,145
CPEE	0,010	0,010	0,020	0,020	0,015
CPFL- Piratininga	0,360	0,330	0,370	0,330	0,348
CPFL-Paulista	1,000	1,000	0,980	0,960	0,985
CSPE	0,020	0,020	0,020	0,010	0,018
DMEPC	0,040	0,040	0,020	0,030	0,033
EBO	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
EDEVP	0,050	0,050	0,050	0,040	0,048
EEB	0,020	0,030	0,020	0,020	0,023
ELEKTRO	0,470	0,470	0,540	0,460	0,485
ELETCAR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,020	0,020	0,020	0,030	0,023
EMG	0,060	0,040	0,050	0,060	0,053

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	0,260	0,230	0,230	0,200	0,230
ENF	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
EPB	0,070	0,050	0,050	0,050	0,055
ESCELSA	0,240	0,220	0,200	0,180	0,210
ESE	0,050	0,070	0,040	0,060	0,055
LIGHT	0,570	0,640	0,510	0,610	0,583
RGE	0,170	0,220	0,180	0,160	0,183
<b>Média Anual</b>	<b>0,204</b>	<b>0,221</b>	<b>0,207</b>	<b>0,198</b>	<b>0,208</b>

Tabela C.6: Resultados do Modelo Qualidade para BCC.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,400	0,320	0,250	0,270	0,310
AMPLA	0,330	0,360	0,420	0,410	0,380
BANDEIRANTE	0,560	0,610	0,460	0,530	0,540
CAIUÁ-D	0,470	0,510	0,530	0,440	0,488
CEAL	0,260	0,220	0,190	0,200	0,218
CEB-DIS	0,260	0,280	0,180	0,350	0,268
CEEE-D	0,260	0,250	0,190	0,200	0,225
CELESC-DIS	0,450	0,520	0,440	0,490	0,475
CELG-D	0,360	0,330	0,330	0,310	0,333
CELPA	0,120	0,080	0,070	0,090	0,090
CELPE	0,630	0,650	0,520	0,460	0,565
CELTINS	0,120	0,100	0,100	0,100	0,105
CEMAR	0,300	0,250	0,190	0,190	0,233
CEMAT	0,220	0,230	0,220	0,220	0,223
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,120	0,110	0,080	0,100	0,103
CERON	0,140	0,130	0,110	0,100	0,120
CFLO	0,630	0,760	0,880	0,880	0,788
CHESP	0,270	0,210	0,160	0,180	0,205
CJE	0,440	0,470	0,410	0,550	0,468
CLFM	0,760	0,430	0,390	0,750	0,583
CLFSC	0,600	0,670	0,550	0,720	0,635
CNEE	0,390	0,490	0,370	0,400	0,413
COELBA	0,470	0,730	0,670	0,620	0,623
COELCE	0,820	0,900	0,830	0,720	0,818
COOPERALIANÇA	1,000	0,760	1,000	1,000	0,940
COPEL-DIS	0,710	0,750	0,740	0,650	0,713
COSERN	0,550	0,440	0,320	0,360	0,418
CPEE	0,440	0,320	0,340	0,470	0,393
CPFL- Piratininga	0,750	0,610	0,680	0,680	0,680
CPFL-Paulista	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CSPE	0,440	0,400	0,370	0,320	0,383
DMEPC	1,000	1,000	0,540	1,000	0,885
EBO	0,350	0,250	0,180	0,260	0,260
EDEVP	0,580	0,510	0,490	0,460	0,510
EEB	0,320	0,330	0,270	0,300	0,305
ELEKTRO	0,770	0,680	0,700	0,670	0,705
ELETROCAR	0,240	0,190	0,160	0,090	0,170
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,400	0,290	0,290	0,470	0,363
EMG	0,290	0,230	0,220	0,320	0,265

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	0,560	0,460	0,420	0,410	0,463
ENF	0,290	0,180	0,150	0,210	0,208
EPB	0,240	0,160	0,150	0,140	0,173
ESCELSA	0,620	0,510	0,420	0,440	0,498
ESE	0,300	0,280	0,190	0,270	0,260
LIGHT	0,810	0,760	0,610	0,750	0,733
RGE	0,410	0,430	0,320	0,320	0,370
<b>Média Anual</b>	<b>0,489</b>	<b>0,461</b>	<b>0,419</b>	<b>0,456</b>	<b>0,456</b>

Tabela C.7: Resultados do Modelo CDOI - Qualidade para CCR.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,940	0,980	0,950	0,930	0,950
AMPLA	0,730	0,650	0,700	0,740	0,705
BANDEIRANTE	0,930	0,940	0,840	0,790	0,875
CAIUÁ-D	0,910	0,850	0,880	0,930	0,893
CEAL	0,740	0,750	0,790	0,740	0,755
CEB-DIS	0,720	0,810	0,810	1,000	0,835
CEEE-D	0,780	0,760	0,730	0,770	0,760
CELESC-DIS	0,860	0,920	0,890	0,820	0,873
CELG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CELPA	0,650	0,810	0,690	0,780	0,733
CELPE	0,930	0,950	0,920	1,000	0,950
CELTINS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAR	1,000	0,990	0,930	0,970	0,973
CEMAT	0,970	1,020	0,820	0,990	0,950
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,750	0,830	0,980	0,680	0,810
CERON	0,820	0,700	0,910	0,850	0,820
CFLO	0,920	0,880	0,790	0,940	0,883
CHESP	1,020	1,000	1,000	1,000	1,005
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	0,860	0,790	0,900	0,890	0,860
CLFSC	0,830	0,870	0,960	0,890	0,888
CNEE	0,810	0,780	0,790	0,820	0,800
COELBA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COELCE	1,000	1,000	0,970	0,940	0,978
COOPERALIANÇA	0,610	0,510	0,780	0,530	0,608
COPEL-DIS	1,000	1,000	0,990	0,920	0,978
COSERN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPEE	0,870	0,810	0,750	0,860	0,823
CPFL- Piratininga	0,940	0,980	0,930	0,910	0,940
CPFL-Paulista	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CSPE	0,950	0,920	0,960	0,920	0,938
DMEPC	0,790	0,640	0,530	0,450	0,603
EBO	1,000	1,010	1,000	0,820	0,958
EDEVP	0,770	0,850	0,950	1,000	0,893
EEB	0,730	0,800	0,740	0,730	0,750
ELEKTRO	0,970	1,000	1,000	1,000	0,993
ELETROCAR	0,730	0,690	0,880	0,900	0,800
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	0,930	0,960	0,990	0,750	0,908
EMG	1,000	0,870	0,950	1,000	0,955

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	1,000	1,000	1,000	0,980	0,995
ENF	0,750	0,900	0,690	0,740	0,770
EPB	1,000	1,000	0,980	1,000	0,995
ESCELSA	0,930	0,750	0,730	0,700	0,778
ESE	0,950	0,900	0,810	0,850	0,878
LIGHT	0,840	0,830	0,780	0,800	0,813
RGE	0,810	0,780	0,800	0,740	0,783
<b>Média Anual</b>	<b>0,890</b>	<b>0,885</b>	<b>0,885</b>	<b>0,876</b>	<b>0,884</b>

Tabela C.8: Resultados do Modelo CDOI - Qualidade para BCC.

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
AES-SUL	0,930	1,000	0,970	0,930	0,958
AMPLA	0,740	0,650	0,700	0,750	0,710
BANDEIRANTE	0,920	0,950	0,840	0,800	0,878
CAIUÁ-D	0,930	0,870	0,930	0,940	0,918
CEAL	0,750	0,750	0,780	0,750	0,758
CEB-DIS	0,710	0,820	0,840	1,000	0,843
CEEE-D	0,780	0,790	0,740	0,790	0,775
CELESC-DIS	0,860	0,920	0,890	0,830	0,875
CELG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CELPA	0,660	0,810	0,690	0,770	0,733
CELPE	0,960	0,960	0,920	1,000	0,960
CELTINS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEMAR	1,000	1,000	0,940	0,970	0,978
CEMAT	1,000	1,000	0,840	1,000	0,960
CEMIG-D	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CEPISA	0,750	0,830	0,980	0,680	0,810
CERON	0,830	0,710	0,910	0,860	0,828
CFLO	1,000	1,000	0,960	1,000	0,990
CHESP	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CJE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFM	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CLFSC	0,890	0,940	0,990	0,950	0,943
CNEE	0,840	0,830	0,820	0,850	0,835
COELBA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COELCE	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COOPERALIANÇA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
COPEL-DIS	1,000	1,000	1,000	0,970	0,993
COSERN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CPEE	0,940	0,880	0,810	0,900	0,883
CPFL- Piratininga	0,940	0,980	0,940	0,930	0,948
CPFL-Paulista	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CSPE	1,000	0,980	0,990	0,950	0,980
DMEPC	1,000	1,000	0,630	1,000	0,908
EBO	1,000	1,000	1,000	0,870	0,968
EDEVP	0,830	0,890	0,970	1,000	0,923
EEB	0,740	0,820	0,740	0,740	0,760
ELEKTRO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELETROCAR	1,000	0,960	1,000	0,990	0,988
ELETROPAULO	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ELFSM	1,000	1,000	1,000	0,920	0,980
EMG	1,000	0,930	0,970	1,000	0,975

<b>Distribuidora</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média período</b>
ENERSUL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
ENF	0,860	0,950	0,750	0,840	0,850
EPB	1,000	1,000	0,990	1,000	0,998
ESCELSA	0,960	0,780	0,730	0,710	0,795
ESE	0,960	0,900	0,820	0,860	0,885
LIGHT	0,860	0,840	0,780	0,820	0,825
RGE	0,810	0,780	0,810	0,740	0,785
<b>Média Anual</b>	<b>0,926</b>	<b>0,928</b>	<b>0,910</b>	<b>0,919</b>	<b>0,921</b>

**APÊNDICE D – RESULTADOS VARIAÇÃO MÉDIA DA  
PRODUTIVIDADE E COMPONENTES PARA OS TODOS OS  
MODELOS NO PERÍODO DE 2007 A 2010.**

Tabela D.1: *Variação média da produtividade e componentes para o Modelo CDO.*

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
AES-SUL	0,950	1,016	1,000	1,016	0,934
AMPLA	0,937	0,986	0,988	0,998	0,950
BANDEIRANTE	1,001	1,077	1,053	1,022	0,930
CAIUÁ-D	0,932	0,990	0,998	0,992	0,941
CEAL	0,945	1,014	1,016	0,999	0,932
CEB-DIS	0,853	0,919	0,911	1,008	0,928
CEEE-D	0,933	0,995	0,984	1,012	0,937
CELESC-DIS	0,962	1,032	0,992	1,041	0,932
CELG-D	1,065	1,113	1,008	1,104	0,957
CELPA	0,906	0,957	0,953	1,004	0,947
CELPE	0,914	0,965	0,962	1,003	0,947
CELTINS	0,990	1,000	1,000	1,000	0,990
CEMAR	0,893	1,000	1,000	1,000	0,893
CEMAT	0,952	0,977	1,000	0,977	0,974
CEMIG-D	0,908	0,957	1,000	0,957	0,949
CEPISA	1,001	1,114	1,109	1,004	0,899
CERON	1,013	1,039	1,051	0,989	0,975
CFLO	0,952	1,017	0,991	1,026	0,936
CHESP	1,018	1,062	1,000	1,062	0,959
CJE	0,910	1,000	1,000	1,000	0,910
CLFM	0,935	0,978	0,976	1,003	0,956
CLFSC	0,947	0,997	1,005	0,992	0,950
CNEE	0,933	0,992	0,983	1,009	0,941
COELBA	0,948	1,007	1,000	1,007	0,942
COELCE	0,960	1,039	1,034	1,005	0,924
COOPERALIANÇA	1,066	1,138	1,069	1,065	0,936
COPEL-DIS	1,006	1,057	1,028	1,028	0,952
COSERN	0,916	0,971	0,980	0,991	0,944
CPEE	1,023	1,066	1,055	1,010	0,959
CPFL- Piratininga	0,986	1,062	1,036	1,025	0,928
CPFL-Paulista	0,992	1,065	1,017	1,047	0,931
CSPE	0,967	1,013	1,009	1,004	0,955
DMEPC	1,041	1,124	1,103	1,019	0,927
EBO	1,019	1,095	1,077	1,017	0,930
EDEVP	0,859	0,904	0,909	0,995	0,950
EEB	0,963	1,022	1,029	0,993	0,943
ELEKTRO	0,920	0,974	0,968	1,006	0,944
ELETROCAR	0,892	0,934	0,917	1,018	0,955
ELETROPAULO	0,953	1,024	1,000	1,024	0,931

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
ELFSM	0,974	1,017	1,004	1,013	0,958
EMG	0,965	1,024	1,024	1,001	0,942
ENERSUL	1,028	1,055	1,055	1,000	0,974
ENF	0,960	1,034	1,012	1,022	0,928
EPB	0,887	0,978	0,980	0,999	0,907
ESCELSA	1,036	1,093	1,096	0,998	0,948
ESE	0,949	1,030	1,030	0,999	0,922
LIGHT	0,991	1,061	1,016	1,045	0,934
RGE	0,960	1,014	1,009	1,005	0,946
<b>Média</b>	<b>0,961</b>	<b>1,021</b>	<b>1,009</b>	<b>1,012</b>	<b>0,941</b>

Tabela D.2: *Varição média da produtividade e componentes para o Modelo CDOI.*

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
AES-SUL	0,943	0,985	1,001	0,984	0,958
AMPLA	0,950	0,981	1,012	0,970	0,968
BANDEIRANTE	1,002	1,037	1,058	0,980	0,967
CAIUÁ-D	0,923	0,966	0,980	0,986	0,955
CEAL	0,937	0,999	1,013	0,986	0,938
CEB-DIS	0,832	0,863	0,894	0,965	0,964
CEEE-D	0,934	0,978	0,994	0,984	0,955
CELESC-DIS	0,966	1,010	1,010	1,000	0,956
CELG-D	1,062	1,122	1,000	1,122	0,947
CELPA	0,911	0,972	0,948	1,025	0,937
CELPE	0,919	0,968	0,971	0,996	0,949
CELTINS	0,933	1,000	1,000	1,000	0,933
CEMAR	0,952	1,063	1,021	1,041	0,896
CEMAT	0,999	1,072	1,018	1,053	0,932
CEMIG-D	0,934	1,005	1,000	1,005	0,929
CEPISA	0,921	1,032	1,031	1,000	0,892
CERON	0,970	1,030	0,989	1,042	0,941
CFLO	0,949	0,996	1,000	0,996	0,954
CHESP	0,898	1,000	1,000	1,000	0,898
CJE	0,960	1,000	1,000	1,000	0,960
CLFM	0,955	0,999	1,020	0,979	0,957
CLFSC	0,922	0,962	0,961	1,001	0,959
CNEE	0,943	0,984	0,984	1,001	0,958
COELBA	0,969	1,039	1,000	1,039	0,933
COELCE	0,970	1,048	1,016	1,031	0,926
COOPERALIANÇA	0,984	1,022	1,055	0,969	0,963
COPEL-DIS	0,987	1,031	1,010	1,021	0,957
COSERN	0,923	0,968	1,000	0,968	0,953
CPEE	0,970	1,014	1,029	0,986	0,957
CPFL- Piratininga	0,966	1,000	1,018	0,982	0,966
CPFL-Paulista	0,977	1,021	1,005	1,016	0,957
CSPE	0,972	1,018	1,027	0,991	0,955
DMEPC	1,133	1,177	1,173	1,003	0,963
EBO	1,028	1,068	1,053	1,014	0,962
EDEVP	0,869	0,910	0,909	1,000	0,955
EEB	0,947	0,997	0,997	1,000	0,949
ELEKTRO	0,921	0,964	0,983	0,980	0,955
ELETROCAR	0,893	0,933	0,980	0,952	0,958
ELETROPAULO	0,947	0,979	1,000	0,979	0,967
ELFSM	1,062	1,105	1,102	1,003	0,961
EMG	0,951	1,051	1,024	1,027	0,905
ENERSUL	1,034	1,104	1,038	1,063	0,937
ENF	0,964	1,005	1,014	0,991	0,960
EPB	0,911	1,000	1,000	1,000	0,911

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
ESCELSA	1,043	1,092	1,108	0,985	0,955
ESE	0,951	1,020	1,039	0,982	0,932
LIGHT	0,977	1,009	1,014	0,995	0,968
RGE	0,970	1,009	1,027	0,983	0,961
<b>Média</b>	<b>0,959</b>	<b>1,013</b>	<b>1,011</b>	<b>1,002</b>	<b>0,947</b>

Tabela D.3: *Variação média da produtividade e componentes para o Modelo Qualidade.*

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
AES-SUL	1,082	1,054	1,138	0,927	1,026
AMPLA	0,860	0,869	0,934	0,931	0,990
BANDEIRANTE	0,980	0,966	1,017	0,950	1,015
CAIUÁ-D	1,068	1,015	1,023	0,993	1,052
CEAL	1,055	1,042	1,085	0,961	1,012
CEB-DIS	0,975	0,944	0,901	1,048	1,032
CEEE-D	1,079	1,066	1,102	0,967	1,012
CELESC-DIS	1,012	0,963	0,979	0,984	1,051
CELG-D	1,079	1,051	1,051	1,000	1,026
CELPA	0,872	0,853	0,945	0,902	1,022
CELPE	1,068	1,061	1,110	0,956	1,007
CELTINS	1,063	1,036	1,046	0,990	1,026
CEMAR	1,188	1,156	1,164	0,993	1,028
CEMAT	1,049	1,022	1,003	1,020	1,026
CEMIG-D	1,025	1,000	1,000	1,000	1,025
CEPISA	1,096	1,066	1,063	1,003	1,028
CERON	1,128	1,099	1,093	1,006	1,026
CFLO	0,903	0,871	0,897	0,971	1,037
CHESP	1,177	1,147	1,143	1,004	1,026
CJE	0,835	0,837	0,928	0,903	0,997
CLFM	0,998	0,954	1,004	0,951	1,046
CLFSC	0,949	0,903	0,938	0,962	1,051
CNEE	1,002	0,965	0,987	0,978	1,038
COELBA	0,915	0,904	0,913	0,990	1,012
COELCE	1,099	1,070	1,046	1,023	1,028
COOPERALIANÇA	0,996	0,953	1,000	0,953	1,045
COPEL-DIS	1,096	1,040	1,027	1,012	1,054
COSERN	1,062	1,061	1,150	0,923	1,001
CPEE	0,958	0,915	0,980	0,933	1,047
CPFL- Piratininga	1,027	1,030	1,033	0,997	0,997
CPFL-Paulista	1,080	1,015	1,000	1,015	1,065
CSPE	1,100	1,047	1,118	0,937	1,050
DMEPC	1,046	1,014	1,000	1,014	1,032
EBO	1,048	1,039	1,107	0,939	1,008
EDEVP	1,083	1,030	1,078	0,955	1,051
EEB	1,035	0,978	1,027	0,953	1,058
ELEKTRO	1,042	1,003	1,051	0,954	1,038
ELETROCAR	1,489	1,413	1,420	0,995	1,054
ELETROPAULO	1,010	1,000	1,000	1,000	1,010
ELFSM	1,010	0,977	0,946	1,033	1,034
EMG	1,018	0,992	0,968	1,025	1,026
ENERSUL	1,117	1,089	1,112	0,979	1,026
ENF	1,092	1,083	1,108	0,977	1,008
EPB	1,103	1,086	1,187	0,915	1,016

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
ESCELSA	1,124	1,086	1,125	0,965	1,035
ESE	0,923	0,912	1,034	0,881	1,012
LIGHT	0,978	0,975	1,023	0,953	1,003
RGE	1,049	1,017	1,088	0,935	1,031
<b>Média</b>	<b>1,043</b>	<b>1,014</b>	<b>1,044</b>	<b>0,972</b>	<b>1,028</b>

Tabela D.4: *Variação média da produtividade e componentes para o Modelo CDOI - Qualidade.*

Distribuidora	Índice de Malmquist, M	Qualidade (Mq)	Captação de produtividade (P)	Eficiência pura (Ep)	Eficiência de escala (EE)	Alteração de fronteira (F)
AES-SUL	0,948	0,947	1,003	1,001	1,002	0,946
AMPLA	0,956	0,958	0,996	0,995	1,002	0,959
BANDEIRANTE	1,003	0,976	1,052	1,047	1,005	0,954
CAIUÁ-D	0,925	0,932	0,992	0,997	0,995	0,933
CEAL	0,939	0,942	0,998	1,001	0,997	0,940
CEB-DIS	0,847	0,897	0,893	0,894	0,999	0,949
CEEE-D	0,943	0,940	1,001	0,994	1,007	0,943
CELESC-DIS	0,967	0,959	1,015	1,010	1,004	0,953
CELG-D	1,012	1,013	1,000	1,000	1,000	1,012
CELPA	0,914	0,935	0,954	0,948	1,006	0,957
CELPE	0,936	0,953	0,976	0,985	0,990	0,959
CELTINS	0,954	0,962	1,000	1,000	1,000	0,954
CEMAR	0,966	0,960	1,012	1,011	1,001	0,955
CEMAT	1,002	1,014	0,992	1,001	0,991	1,010
CEMIG-D	0,985	0,986	1,000	1,000	1,000	0,985
CEPISA	0,939	0,925	1,031	1,030	1,001	0,911
CERON	0,968	0,977	0,987	0,987	1,000	0,981
CFLO	0,947	0,952	0,996	1,000	0,996	0,951
CHESP	0,922	0,934	1,000	1,000	1,000	0,922
CJE	0,938	0,955	1,000	1,000	1,000	0,938
CLFM	0,957	0,969	0,989	1,000	0,989	0,968
CLFSC	0,922	0,935	0,977	0,981	0,996	0,943
CNEE	0,943	0,946	0,996	0,999	0,997	0,947
COELBA	0,960	0,964	1,000	1,000	1,000	0,960
COELCE	1,015	0,995	1,021	1,000	1,021	0,994
COOPERALIANÇA	0,989	0,947	1,044	1,000	1,044	0,947
COPEL-DIS	1,007	0,986	1,027	1,010	1,017	0,980
COSERN	0,929	0,930	1,000	1,000	1,000	0,929
CPEE	0,973	0,975	1,006	1,016	0,991	0,966
CPFL- Piratininga	0,968	0,960	1,010	1,004	1,006	0,958
CPFL-Paulista	1,034	1,043	1,000	1,000	1,000	1,034
CSPE	0,974	0,972	1,012	1,018	0,995	0,962
DMEPC	1,128	0,942	1,208	1,000	1,208	0,933
EBO	1,028	0,989	1,068	1,050	1,017	0,962
EDEVP	0,871	0,920	0,918	0,939	0,978	0,949
EEB	0,948	0,948	1,003	1,003	1,000	0,946
ELEKTRO	0,939	0,947	0,991	1,000	0,991	0,947
ELETROCAR	0,902	0,969	0,933	1,003	0,931	0,967
ELETROPAULO	0,989	1,008	1,000	1,000	1,000	0,989
ELFSM	1,054	0,995	1,076	1,028	1,046	0,980
EMG	0,951	0,952	1,000	1,000	1,000	0,951

<b>Distribuidora</b>	<b>Índice de Malmquist, M</b>	<b>Qualidade (Mq)</b>	<b>Captação de produtividade (P)</b>	<b>Eficiência pura (Ep)</b>	<b>Eficiência de escala (EE)</b>	<b>Alteração de fronteira (F)</b>
ENERSUL	1,028	1,024	1,005	1,000	1,005	1,023
ENF	0,964	0,965	1,005	1,008	0,997	0,960
EPB	0,921	0,924	1,000	1,000	1,000	0,921
ESCELSA	1,046	1,000	1,101	1,105	0,996	0,950
ESE	0,959	0,942	1,038	1,038	1,000	0,924
LIGHT	0,984	0,976	1,017	1,017	1,000	0,967
RGE	0,968	0,955	1,027	1,028	0,999	0,942