

X016099 8976



**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO**

MESTRADO EM: GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

**Eficiência e Produtividade
na
Distribuição de Energia Eléctrica.**

Victor Emanuel dos Anjos Tavares Morais

Orientação: Prof. Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro

Júri:

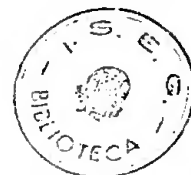
Presidente: Prof. Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro

Vogais: Prof. Doutor José Ramos Pires Manso

Prof. Doutor Alberto Augusto Pereira

Outubro / 2000

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO



MESTRADO EM: GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

Eficiência e Produtividade
na
Distribuição de Energia Eléctrica.

Victor Emanuel dos Anjos Tavares Morais

Orientação: Prof. Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro

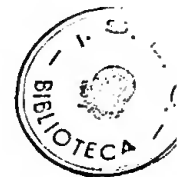
Júri:

Presidente: Prof. Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro

Vogais: Prof. Doutor José Ramos Pires Manso

Prof. Doutor Alberto Augusto Pereira

Outubro / 2000



GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS

AT - Alta Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 45 kV e igual ou inferior a 110 kV);

BT – Baixa Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV);

CD - Centro de Distribuição;

Cliente – pessoa singular ou colectiva com um contrato de fornecimento de energia eléctrica;

Cliente Final – cliente que compra energia eléctrica para consumo próprio;

CRS – *constant return to scale*; rendimentos constantes à escala;

DEA – Data Envelopment Analysis;

Distribuição – veiculação de energia eléctrica em redes de alta, média e baixa tensão;

DMU – Decision Management Unit.

EE – Eficiência Económica;

ERSE – Entidade Reguladora do Sector Eléctrico;

ET – Eficiência Técnica;

Inputs – conjunto de factores produtivos de um sistema;

IPC – Índice de Preço ao Consumidor;

M – Índice de Malmquist, $M=MC*MF$;

MAT – Muito Alta Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 110 kV);

MC – Índice de Malmquist, componente que traduz a mudança na eficiência;

MF – Índice de Malmquist, componente que traduz a mudança na tecnologia;

Modelo de Produção – conjunto de *inputs* e *outputs* que melhor traduzem as idiosincrasias de um sistema;

MT – Média Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e igual ou inferior a 45 kV);

Outputs – conjunto de produtos de um sistema;

Perdas – diferença da energia que entra num sistema e a energia que sai desse sistema;

PFT – *Partial Factor Productivity*;

PRE – Produtores em Regime Especial;

PT – Posto de Transformação; infraestrutura eléctrica necessária para a transformação de tensão MT/BT nas redes de Distribuição e nas instalações dos clientes MT;

PTD – Posto de Transformação de Distribuição;

RNT – Rede Nacional de Transporte (de energia eléctrica);

RPI – *Retail Price Index*;
SEI – Sistema Eléctrico Independente;
SEN – Sistema Eléctrico Nacional;
SENV – Sistema Eléctrico não Vinculado;
SEP – Sistema Eléctrico Público;
TEP – Tarifa de Energia e Potência;
TFP – *Total Factor Productivity*;
TIE – Tempo de Interrupção Equivalente;
TPA – *Third Party Access*;
Transporte – recepção, transmissão e entrega de energia eléctrica através da RNT;
TUGS – Tarifa de Uso Global do Sistema;
TURD – Tarifa de Uso da Rede de Distribuição;
UE – União Europeia;
VRS – *Variable return to scale*; rendimentos variáveis à escala.

RESUMO

A produtividade e eficiência tornaram-se questões chave e incontornáveis no Sector Eléctrico. As novas arquitecturas dos Sistemas Eléctricos e as novas metodologias de regulação por incentivos são as principais razões para a maior relevância desta temática.

O objectivo desta investigação é avaliar a performance da actividade de Distribuição de Energia Eléctrica na década pré-regulação. Este trabalho é realizado com recurso a um método não paramétrico de programação linear, DEA (*Data Envelopment Analysis*), e a evolução da produtividade é medida utilizando os índices de Malmquist.

Com a informação desagregada por 30 Centros de Distribuição pertencentes às quatro empresas distribuidoras do Grupo EDP, é seleccionado um modelo de produção, o qual é utilizado para o cálculo da produtividade no período [1988,1998], para uma amostra de 12 Centros de Distribuição.

A taxa média anual de crescimento da produtividade estimada para o período [1988,1998] foi de aproximadamente 2%. A evolução da produtividade apresentou um valor aproximadamente igual a 1% no período [1988, 1996] e significativamente superior nos anos seguintes (1997 e 1998), aproximadamente 3% e 6%, respectivamente. A componente tecnológica '*frontier technology shift*' foi predominante relativamente à componente de eficiência '*catching-up effect*'.

Palavras Chave:

Distribuição de electricidade; medidas de eficiência; crescimento da produtividade; *Data Envelopment Analysis*; Índices *Malmquist*

ÍNDICE

Glossário de Termos e Abreviaturas.....	2
Resumo.....	4
Índice.....	5
Lista de Tabelas e Figuras.....	6
Prefácio.....	8
Agradecimentos.....	9
(I) Corpo Teórico.....	10
1. O Sector Eléctrico.....	11
1.1. Um sector em mudança.....	11
1.2. Política Energética Europeia.....	15
1.2.1. Conceitos, Dinâmica e Resultados.....	15
1.2.2. O Caso da Electricidade (a Directiva Comunitária 92/96).....	18
2. A Regulação (uma via de eficiência).....	24
2.1. Princípios Elementares da Regulação Industrial.....	24
2.2. A filosofia de incentivos presente na Regulação de Preços.....	33
2.3. A Regulação Tarifária na Distribuição em Portugal.....	37
3. Eficiência e Produtividade.....	44
3.1. Uma incursão na teoria da Eficiência.....	44
3.1.1. Produtividade, Eficiência e Mudança Tecnológica.....	47
3.1.2. Índices de Malmquist.....	54
3.2. A metodologia DEA.....	57
3.2.1. Introdução.....	57
3.2.2. Formulação Matemática.....	59
3.2.3. Software.....	63
4. Revisão da literatura de Eficiência e Produtividade aplicada aos Sistemas Eléctricos.....	64
4.1. A Cadeia Industrial da Energia Eléctrica (Produção, Transporte e Distribuição).....	64
4.2. Introdução aos Estudos de Produtividade no SE, com recurso ao método DEA.....	66
4.3. Objectivos e Modelos de Produção.....	67
4.3.1. Produção.....	68
4.3.2. Transporte.....	69
4.3.3. Distribuição.....	70
(II) Corpo Prático.....	80
5. Introdução ao estudo empírico.....	81
6. Selecção do Modelo.....	86
7. Estudo de Produtividade.....	93
7.1. Medidas de Produtividade.....	93
7.2. Análise do crescimento da produtividade por CD.....	97
8. Resumo dos pontos fundamentais do estudo.....	104
9. Conclusões.....	105
Anexo.....	107
Bibliografia.....	110

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Lista de Tabelas:

TABELA 1 :CINCO IMPLICAÇÕES DA DIRECTIVA COMUNITÁRIA 96/92/CE.....	18
TABELA 2: OBJECTIVOS PARA A ABERTURA DO MERCADO DE ELECTRICIDADE.	20
TABELA 3:COMPARAÇÃO DAS DUAS NATUREZAS DE ‘FALHAS’ ECONÓMICAS.	30
TABELA 4: DECOMPOSIÇÃO DO PREÇO.	42
TABELA 5: CINCO QUALIDADES RELATIVAS AOS ÍNDICES DE MALMQUIST.	54
TABELA 6: VANTAGENS DO <i>DATA ENVELOPMENT ANALYSIS</i>	58
TABELA 7 : PONTOS CRÍTICOS DO MÉTODO DEA.	59
TABELA 8: MODELO FÅRE, GROSSKOPF, (1985).....	68
TABELA 9: MODELO POLLITT, (1995).	69
TABELA 10: MODELO HJALMARSON, VEIDERPASS, (1992).....	70
TABELA 11: FACTORES CONSIDERADOS POR MILLIOTIS	71
TABELA 12: MODELO 1 MILLIOTIS, (1992).....	72
TABELA 13: MODELO 2 MILLIOTIS, (1992).....	72
TABELA 14: MODELO BURNS E WEYMAN-JONES, (1992).	73
TABELA 15: MODELO POLLITT, (1995).....	74
TABELA 16: MODELO BASE.	75
TABELA 17: VARIÁVEIS POTENCIAIS.	76
TABELA 18: VARIÁVEIS DESAGREGADAS.....	76
TABELA 19: ‘STEPWISE’ DE KITTELSEN.	79
TABELA 20: MODELO KITTELSEN (1993).....	79
TABELA 21: VARIÁVEIS PARA UM MODELO DA DISTRIBUIÇÃO.....	84
TABELA 22: ELASTICIDADES DAS INSTALAÇÕES	84
TABELA 23: VALORES CRÍTICOS.....	87
TABELA 24: QUADRO RESUMO DA 1ª ITERAÇÃO.....	87
TABELA 25: VALORES DA ET COM CRS.....	88
TABELA 26: VALORES DA ET COM VRS.....	88
TABELA 27: QUADRO RESUMO DA 2ª ITERAÇÃO.....	89
TABELA 28: MODELO M10.	89
TABELA 29: RANKING DE EFICIÊNCIA TÉCNICA.	90
TABELA 30: VALORES DE ET COM CRS.	91
TABELA 31: VALORES DE ET COM VRS.....	91
TABELA 32 : OUTROS RESULTADOS IMPORTANTES DA ANÁLISE DEA.	92
TABELA 33: QUADRO ESTATÍSTICO PARA AS VARIÁVEIS DOS MODELOS M10 E M11.....	93
TABELA 34 : ÍNDICES DE <i>MALMQUIST</i> PARA OS ANOS DO DECÉNIO 1988/1998 (MÉDIA SIMPLES C/ MODELO M11).95	
TABELA 35: ÍNDICES DE MALMQUIST PARA OS ANOS DO DECÉNIO 1988/98 (MÉDIA PONDERADA DA ENERGIA SAÍDA).....	96
TABELA 36: ÍNDICES DE <i>MALMQUIST</i> POR CD PARA O PERÍODO 1988/1998.....	98
TABELA 37: QUADRO COMPARATIVO	102

Lista de Figuras:

FIGURA 1 : OS ESTÁDIOS DO PROCESSO PARA APLICAÇÃO DA POLÍTICA ENERGÉTICA NA UE.....	16
FIGURA 2: ESTÁDIOS DE EVOLUÇÃO DO MERCADO DA ENERGIA ELÉCTRICA.	19
FIGURA 3: ARQUITECTURA DO SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL.....	22
FIGURA 4 : EXEMPLO DE UM PREÇO DITADO EM REGIME DE MONOPÓLIO.	26
FIGURA 5: CORRESPONDÊNCIA ENTRE ACTIVIDADES E TARIFAS REGULADAS.....	39
FIGURA 6: EVOLUÇÃO DAS TARIFAS NO PERÍODO 1999-2001.....	43
FIGURA 7: EFICIÊNCIA TÉCNICA E PREÇO.	45
FIGURA 8: EFICIÊNCIA TÉCNICA E PREÇO.	46
FIGURA 9: CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE: PRODUÇÃO TÉCNICAMENTE EFICIENTE.	50
FIGURA 10: CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NA PRESENÇA DE INEFICIÊNCIA TÉCNICA.	52
FIGURA 11 : COMPONENTES DO ÍNDICE DE MALMQUIST.....	56
FIGURA 12: FRONTEIRA DEA BIDIMENSIONAL.	57
FIGURA 13: EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES DE <i>MALMQUIST</i> NO PERÍODO 1988/98 (MÉDIAS SIMPLES).	94
FIGURA 14: TAXAS DE CRESCIMENTO DAS VARIÁVEIS.	97
FIGURA 15: CD POR ORDEM CRESCENTE DE M.....	98
FIGURA 16: CD POR ORDEM CRESCENTE DE MC.	99
FIGURA 17: CD POR ORDEM CRESCENTE DE MF.	100
FIGURA 18: DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA M, MF.	100
FIGURA 19: DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA M, MC.	101
FIGURA 20: DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA MF, MC	101
FIGURA 21: DISTRIBUIÇÃO SIMULTÂNEA MF, MC	102
FIGURA 22: REPARTIÇÃO DO PREÇO POR ACTIVIDADE.	107
FIGURA 23: CUSTOS DA ACTIVIDADE DE DISTRIBUIÇÃO.	107
FIGURA 24: PROVEITOS E CUSTOS OPERACIONAIS NA DISTRIBUIÇÃO.	108
FIGURA 25: CUSTOS E PRODUTIVIDADE DO FACTOR TRABALHO.	108
FIGURA 26: EVOLUÇÃO DO INVESTIMENTO NA DISTRIBUIÇÃO.	109

PREFÁCIO

Este estudo procura avaliar a *performance* da actividade de Distribuição de Energia Eléctrica na década pré regulação [1988,1998]. A *performance* será avaliada com base em parâmetros quantitativos que traduzam a evolução da produtividade no sector.

O estudo está organizado em duas partes fundamentais, (I) Corpo Teórico e (II) Corpo Prático. No Corpo Teórico, é elaborada uma perspectiva sumária do Sector Eléctrico. O sector tem sido sujeito a uma dinâmica muito própria, que deve ser entendida no contexto energético europeu. Esta dinâmica teve já os seus reflexos na actual arquitectura do Sistema Eléctrico Nacional. Estas e outras mudanças trouxeram novas e acrescidas preocupações aos gestores, e o aumento da produtividade é uma delas.

A regulação económica e as suas principais metodologias, nomeadamente as que encerram em si uma filosofia de incentivos para o aumento da eficiência, são igualmente apresentadas e comentadas. A teoria relativa à Eficiência e Produtividade, bem como o método não paramétrico utilizado [DEA- (*Data Envelopment Analysis*)] e os índices de Malmquist também são abordados nesta parte. A literatura relativa a estudos aplicados à actividade de Distribuição de Energia Eléctrica e inspiradora desta investigação é constituída por um conjunto de trabalhos realizados em diferentes países europeus, e é revista no final do corpo teórico.

Na segunda parte, Corpo Prático, é elaborada uma caracterização dos dados utilizados neste estudo, são propostos e seleccionados modelos de produção alternativos aos apresentados nos trabalhos antecedentes, e posteriormente com base nos modelos escolhidos e com recurso aos índices de Malmquist são determinados os parâmetros de evolução da produtividade para o período [1988,1998]. Por último, são resumidos os pontos fundamentais do estudo e apresentadas as conclusões.

AGRADECIMENTOS

Pretendo agradecer ao Prof. Doutor Álvaro Martins a honra de ter orientado cientificamente este trabalho, bem como toda a disponibilidade manifestada durante a realização e revisões finais.

Ao Eng.º Jorge Vaz Ventura pelo seu incentivo e amizade, sem os quais este trabalho não se teria realizado.

Desejo também agradecer ao Eng.º Jorge Vasconcelos, Eng.º António Leite Garcia e Eng.º Francisco Barroso Mira as preciosas sugestões e críticas com o objectivo de aperfeiçoamento deste trabalho.

A todos os meus colegas da EDP que contribuíram de diferentes formas para esta realização, o meu muito obrigado.

À minha irmã, Manuela, à Sandra e ao João agradeço os seus diversos contributos.

Aos meus pais pelo estímulo e incentivo.

(I) CORPO TEÓRICO

1. O SECTOR ELÉCTRICO

1.1. UM SECTOR EM MUDANÇA

Uma perspectiva internacional do sector

Na última década do século XX assistimos, em termos económicos, a um forte ataque aos grandes monopólios energéticos de capitais nacionais e maioritariamente públicos e a sua sujeição a uma pressão de natureza concorrencial. Este fenómeno não pode ser desligado da globalização da economia. A investida atingiu não só as evoluídas economias ocidentais, como também se estendeu a países da Ásia (Japão) e América do Sul (Brasil, Argentina).

Em virtude do restrito âmbito deste trabalho, o sector merecedor de uma análise mais pormenorizada será somente o ‘Sector Eléctrico’, sendo o espaço geográfico privilegiado para essa análise o mercado da União Europeia, enquadrado pela legislação comunitária em vigor, na qual se salienta a Directiva Comunitária 96/92 CE. Posteriormente à publicação desta directiva, os Estados-membros viram-se na obrigação de transpor para as respectivas ordens internas as disposições legais nela inscritas. A criação de um novo enquadramento legal ao nível comunitário para o Sector Eléctrico (e igualmente para o sector gasista¹), veio obrigar ao reequacionamento dos respectivos sistemas eléctricos nacionais.

O convívio no espaço comunitário dos diferentes sistemas foi até à data caracterizado pela ‘independência’, não obstante se realizarem trocas entre diversos Estados integrantes da União Europeia. Retenha-se para exemplo, as importações de energia eléctrica realizadas por Portugal, quer de Espanha, quer de França, neste último caso utilizando para o efeito a rede de transporte espanhola.

A liberalização do mercado energético² no espaço europeu veio criar as condições necessárias para uma reformulação dos respectivos sistemas eléctricos nacionais, arquitectados até agora com base em premissas de política energética emergentes do choque petrolífero da década de 70.

A problemática energética e nomeadamente a sua política sectorial, nunca teve nos países ocidentais um âmbito estritamente nacional, mesmo para aqueles que são auto-suficientes, pelo contrário, é função do contexto energético internacional. Aliás, foi na sequência das

¹ As primeiras propostas para uma Directiva Comunitária para o Gás datam de 1992, tendo no entanto sofrido consideráveis alterações relativas ao TPA (third party access), por proposta da presidência irlandesa (1996) e posterior emenda da presidência holandesa (1997).

² Neste documento a referência ao mercado energético restringe-se à energia eléctrica.

reflexões posteriores à mais grave ameaça ao equilíbrio macro-económico na Europa que, aqueles que não questionavam os arquétipos dos Sistemas Eléctricos Europeus resultantes do pós guerra, viram ainda mais reforçados os seus argumentos trinta anos depois (1945-1973), quando alguns sinais de mudança começavam a surgir.

Temos assistido, na Europa, a um sector energético caracterizado pelo elevado grau de integração vertical das empresas. O Estado participa na quase totalidade do capital das empresas que intervêm nas diferentes actividades ou estádios da cadeia do produto electricidade, *i.e.*, Produção, Transporte e Distribuição. Existia uma conjuntura de natureza estratégica ditada pelo contexto internacional, à qual devemos adicionar outros factores, tão ou mais determinantes para os graus de integração vertical e concentração industrial observável no sector energético. Os mais transparentes são sem dúvida os factores de natureza tecnológica e a existência de economias de escala. Estes factores conjugados podem tornar o poder de mercado um mal menor, *i.e.*, a concorrência pode implicar um acréscimo de custos para os consumidores de energia eléctrica.

Durante muitos anos, o sector energético foi considerado um caso paradigmático de um monopólio natural³, *i.e.*, a respectiva função custo era subaditiva⁴. A construção e instalação das infraestruturas necessárias para a Produção, Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica implica custos fixos bastante elevados, (função das características tecnológicas do produto). Se conjuntamente com custos fixos elevados tivermos custos marginais constantes, resultam custos unitários decrescentes, condição suficiente para a subaditividade da função custo. Esta é a maior justificação para que na maioria dos países este serviço tenha sido assumido por empresas monopolistas, e muitas delas também empresas de capital público. No entanto, apesar da unanimidade que estes argumentos gozavam na comunidade europeia, as soluções adoptadas foram substancialmente diferentes na forma, sendo fiéis ao princípio que as presidia, nomeadamente no espaço europeu.

A construção dos respectivos Sistemas Eléctricos dos países europeus é um espelho da especificidade sócio política de cada país pelo que, os sistemas apesar de apresentarem no início da década de 80 as características comuns atrás mencionadas, tinham diferenças fundamentais quanto a outras dimensões chave que caracterizam os SE (Regime de Propriedade; Grau de Acesso; Concentração Industrial; Decomposição Funcional). As

³ A subaditividade da função custo é condição necessária e suficiente para que um sector seja considerado monopólio natural, (ver nota ⁴).

⁴ Função custo sub-aditiva, “propriedade que se verifica quando o custo de produzir a quantidade q com uma empresa apenas é inferior ao custo de produzir a mesma quantidade com duas ou mais empresas.” Cit. (Cabral, 1990).

especificidades podem também ser encontradas, numa análise das soluções formuladas pelos diferentes países para o cumprimento das disposições legais das instâncias europeias.

Foram diversos os argumentos contra a liberalização do mercado da energia, sendo os argumentos de natureza económica inclusivamente minoritários, quando comparados com os sócio-políticos. Durante a presente década o debate resistiu no palco da política industrial europeia e não se afigurou pacífico⁵. Foi extremamente difícil conseguir levar por diante um conjunto de disposições regulamentares criadas ao nível da UE que garantissem a abertura do mercado da energia (mais propriamente o do gás e da electricidade) à concorrência privada, já que as empresas monopolistas eram maioritariamente de capitais públicos. No entanto, diversos Estados-membros caminharam progressivamente no sentido da liberalização dos mercados de gás e electricidade tendo a privatização parcial ou completa das empresas energéticas detidas pelo Estado sido um dos factores determinante.

A vaga liberalizadora sentida inicialmente no Reino Unido, e rapidamente propagada a toda a Europa, foi um efeito desencadeado por uma corrente política muito importante que influenciou os destinos europeus e norte-americanos nos anos 80, mas esta responsabilidade não pode ser atribuída unicamente à Senhora Thatcher e ao Presidente Reagan. As correntes económicas que professavam e sustentavam teoricamente estas práticas concentraram toda a sua atenção na eficiente afectação de recursos; as preocupações da teoria fiscal passavam pelo desagramento fiscal, estávamos assim perante uma viragem na filosofia da economia pública (Bös D., 1998). Foi nesta vaga que veio à colação o tema da regulação dos sectores energéticos e a gradual liberalização dos mesmos.

Entenda-se por regulação de empresas a situação em que o controlo do mercado é parcialmente exercido pelo governo (ou por uma organização estatal independente, v.g., *Entidade Reguladora do Sector Eléctrico*). O objectivo do regulador é conseguir um maior controlo por parte do Estado (ou entidade independente), e cujos objectivos se devem pautar pela isenção em relação às vontades maximizadoras de clientes e empresas, equilibrando os objectivos de ambas as partes, dos lucros por parte das empresas e do bem-estar por parte dos clientes, (Cabral L., 1994).

É normal, e decorre da análise elementar do problema do monopólio, a incompatibilidade entre dois níveis óptimos, do ponto de vista social e do ponto de vista privado. Estes organismos independentes têm como funções principais a observância da transparência funcional das empresas e o controlo dos preços por elas praticados. Ora, no espaço europeu, os actores que personificam estas figuras sectoriais e económicas têm comportamentos

maioritariamente ditados por constrangimentos de natureza política. Não existem seguidores absolutos de uma ortodoxia teórica de economia regulada.

Temos assim que, não só as arquitecturas dos SE são, e já o eram, diferentes⁶, como também o comportamento da entidade ou organismo responsável por desempenhar o papel de regulador é igualmente diferente. Dir-se-á não existir a mesma “cartilha” na Europa comunitária, no que respeita a suportes teóricos e soluções práticas para uma economia regulada no Sector Eléctrico.

Na regulação não ocorreu um fenómeno puramente mimético. São as diferentes realidades nacionais as geradoras da complexidade que caracteriza, e torna igualmente muito próprio, o processo de implementação de um mercado energético liberalizado em toda a Europa, sendo o Sector Eléctrico o mais complexo e aliciante de todos.

O capítulo seguinte serve para promover um enquadramento do Sector Eléctrico no plano europeu. A Europa é hoje o espaço político e económico mais relevante no qual Portugal se integra e interage. Portugal, além de ser membro de pleno direito, apresenta já uma incontestável interdependência, ao nível económico-financeiro da Europa, a qual agora se alarga a um sector considerado até à data estratégico.

⁵ Ver capítulo 1.2

⁶ *i.e.*, antes da entrada em vigor da directiva comunitária

1.2. POLÍTICA ENERGÉTICA EUROPEIA



1.2.1. Conceitos, Dinâmica e Resultados

A filosofia económica inscrita nos tratados fundadores da União Europeia, pretendia ir mais além de uma mera criação de um espaço de comércio livre, eram contrapostos princípios comerciais mais alargados, nomeadamente, a livre circulação de bens, serviços, trabalho e capital. Nas quatro décadas decorridas, desde o tratado de Paris⁷, muitos e significativos progressos foram realizados nas mais diversas áreas económicas.

O Mercado Único foi criado em Dezembro de 1992, e é hoje uma realidade inquestionável. No entanto, no início, nem todos os sectores da actividade económica foram alvo do mesmo empenho. Sectores houve que foram relegados para “segundas núpcias”, no propósito de construção de um mercado realmente “único” e sem barreiras.

O Tratado de Roma, 1957⁸, que esteve na origem da criação da Comunidade Económica Europeia, estabeleceu algumas regras básicas para promover a competitividade e a integração dos mercados, mas nem as políticas nem os programas eram expressamente delineados. Os transportes, as telecomunicações e a energia foram os sectores económicos mais imunes ao espírito reformador em curso na Europa. Até meados da década de 80, qualquer destes sectores poderia ter dado origem a políticas e a actividades de regulação (Majone, 1994). Também o Acto Único Europeu (1986) não tinha nenhuma menção específica às questões energéticas.

Em 1988, o documento de trabalho da Comissão das Comunidades Europeias⁹ veio sublinhar a importância da criação de um mercado interno da energia como um objectivo fundamental para o mercado comum europeu. Este documento foi o marco de partida no processo de liberalização, o qual já se adivinhava vir a ser extremamente difícil e moroso. O processo foi então inicializado tendo um desenvolvimento gradual e faseado. O período por nós considerado para análise, com início em 1988 até Fevereiro de 1999¹⁰, permite concluir que as alterações profundas e determinantes da matriz energética actual ocorreram nos primeiros anos da década de 90. Este período é normalmente escalonado em três fases distintas, coincidindo a primeira dessas fases com a publicação de três directivas da Comissão Europeia, introduzidas nos anos de 1991 e 1992. A primeira, com entrada em vigor em 1 de

⁷ 1951, criação da Comunidade Europeia do Carvão e do Aço (ECSC Treaty)

⁸ EEC, Treaty (Comunidade Económica Europeia); EURATOM Treaty (Comunidade Europeia de Energia Atómica)

⁹ COM (88) 238 final.

Junho de 1991, destinava-se a promover a transparência de preços, quer na electricidade quer no gás¹¹. A segunda¹² e a terceira¹³ referiam-se ao livre-trânsito da energia, para a electricidade (Junho de 1991) e para o gás (Junho de 1992).



Figura 1 : Os estádios do processo para aplicação da política energética na UE.

Fonte: *The European Regulatory Calendar Notes, Gas & Electricity*, London: Arthur Anderson, 1997.

A segunda fase consistiu em propostas emanadas da comunidade no sentido de que fossem adoptadas regras comuns nos mercados internos (electricidade e gás) dos Estados membros. Estas propostas constituíram uma grande revolução no plano energético do pós-guerra. As mesmas abriram um caminho com vastas implicações: a abolição dos direitos de exclusividade (Produção, Transporte e Distribuição); um sistema não discriminatório para a construção de infraestruturas energéticas; a introdução do TPA (*Third Party Access*) de uma forma gradativa para os clientes elegíveis; a desagregação dos serviços e contabilidade verticalizados. Tais propostas foram objecto de uma rejeição generalizada pelos principais agentes industriais, nomeadamente no que diz respeito ao *Third Party Access* foi difícil conceber a imprescindibilidade do TPA como um degrau do processo de liberalização. As

¹⁰ Primeira etapa da abertura gradual do mercado energético.

¹¹ Directiva do Conselho 90/377/EEC.

¹² Directiva do Conselho 90/547/EEC.

¹³ Directiva do Conselho 91/296/EEC.

objecções foram expostas e evidenciadas em posteriores reuniões do Conselho de Ministros da Europa e sessões do Parlamento Europeu nas quais foram discutidas as propostas da Comissão.

“It is clear that the issues at stake often touch matters of a sensitive and strategic nature; not everyone is pleased and there is strong resistance to change by well-established structures in this sector. These proposals are undergoing a rigorous and far reaching debate not only in the Council of Ministers, but also in the European Parliament.” (Cardoso e Cunha, 1994)

As resistências ao processo de liberalização do Mercado europeu da energia inseriam-se numa filosofia bastante consensual ao nível político e industrial na qual a energia era entendida como um caso especial¹⁴.

O argumento fundamental reportava-se à questão da segurança de abastecimento¹⁵. Defendia-se que os princípios básicos da lei comunitária deveriam ser atenuados ou ajustados de forma a ter em consideração as especificidades do sector energético (Huncher, L. 1994). A Comissão Europeia procurou contrariar esta lógica de argumentação contrapondo a defesa da livre circulação de bens e da competitividade de mercados. Esta questão, como nos diz Huncher *“is the ever-presence ghost at the banquet”*.

A posição reactiva era ainda suportada e amplamente difundida com argumentos de natureza microeconómica, as economias de escala, que se entendiam como presentes no sector, justificavam que a maximização da eficiência fosse procurada em regime de monopólio.

Para resumir, os pontos quentes do processo de liberalização foram os a seguir indicados: a separação funcional das actividades, a desagregação das tarifas¹⁶ e o TPA.

¹⁴ *“...the economic and political strength of the industry participants, more often than not monopolies with strong government ties, allows for intense opposition to be mounted when proposals are seen by the industry players who are affected as detrimental to their long-standing dominant positions.”* (D.S. Mac Dougall, 1994)

¹⁵ A França era a porta-voz desta posição, leiam-se as palavras do seu Ministro da Industria, Yves Galland na defesa desta tese – *“When we talk about security of supply, do we mean short or long-term security? Looking to the long term, it is quite obvious, for example, that European coal, which is uncompetitive and on the decline, does not have a role to play. Are we thinking of market competitiveness or lasting competitiveness? Where electricity is concerned, for example, the market tends to favour investment with shortest payback periods, e.g., gas turbines, even though gas is not the most competitive energy source for generating baseload electricity, day in day out throughout the year. However, a more proactive approach, based on lasting competitiveness, would favor hydroelectricity, nuclear power or imported coal, the cheapest baseload energy sources.”*, Energy in Europe, N° 25,1994

¹⁶ *“Unbundling and TPA”*.

A terceira fase é a continuação da segunda, na qual nos encontramos actualmente. Esta fase teve o seu arranque após o ano de 1996, traduzindo-se na abertura gradual do mercado aos denominados clientes elegíveis.

1.2.2. O Caso da Electricidade (a Directiva Comunitária 92/96)

Após vários anos de acérrima discussão, foi publicada a Directiva¹⁷ 96/92/CE em 31 de Janeiro de 1997, a qual entrou em vigor em 19 de Fevereiro de 1997. Esta directiva representa o passo mais significativo do caminho iniciado para a criação de um mercado aberto de electricidade. Ela é também o passo mais concreto e visível da política energética comunitária saída das propostas de 92, e nas quais foi baseada¹⁸.

A Directiva foi classificada por Howard, K. (1997), de acordo com as principais alterações estratégicas introduzidas no mercado:

Tabela 1 :Cinco implicações da Directiva Comunitária 96/92/CE.

1	Competição na produção	O modelo a usar para a produção não é único
2	Competição no fornecimento	Dois modelos distintos são propostos NTPA (<i>Negotiated Third Party Access</i>) ¹⁹ e o SBM (<i>Single Buyer Model</i>) ²⁰
3	Separação funcional	O objectivo era promover uma competição justa. Para este efeito, as actividades (Produção, Transporte e Distribuição) foram desagregadas por funções, correspondentes a negócios distintos.
4	Obrigações de Serviço Público	Os Estados estão autorizados a definirem as OSP ²¹
5	Reciprocidade de abertura de mercados	Os contratos de fornecimento de electricidade a um cliente admissível na rede de um outro Estado-membro não poderão ser proibidos se o cliente for considerado admissível em ambas as redes.

Fonte: *The European Regulatory Calendar Notes, Gas & Electricity*, London: Arthur Anderson, 1997.

¹⁷ Do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Dezembro de 1996.

¹⁸ "After four years of talks, the Energy Council met in June 1996 and arrived at a common position for a directive on market liberalisation." (Karen Howard, 1997)

¹⁹ No NPTA Sistema de Acesso Negociado à Rede, os Estados-Membros estão obrigados a criar instrumentos regulamentares para que as empresas fornecedoras de electricidade e os clientes elegíveis possam celebrar contratos.

²⁰ SBM – o Comprador Único é uma pessoa colectiva designada pelos Estados-Membros como tal para o território coberto pelo operador da rede e que poderá ser uma empresa de electricidade verticalmente integrada ou parte de uma.

²¹ Segurança de abastecimento, preço, etc..

O ponto 5 é de extrema importância “no quadro de relacionamento entre os mercados eléctricos de Portugal e Espanha uma vez que a abertura de mercado neste país tem ocorrido de forma muito mais rápida do que o exigido pela Comissão Europeia”²².

Ficou explicitado na directiva que os “Estados-membros poriam em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para darem cumprimento à presente directiva o mais tardar até 19 de Fevereiro de 1999” (Artigo 27º), (ver Figura 1).

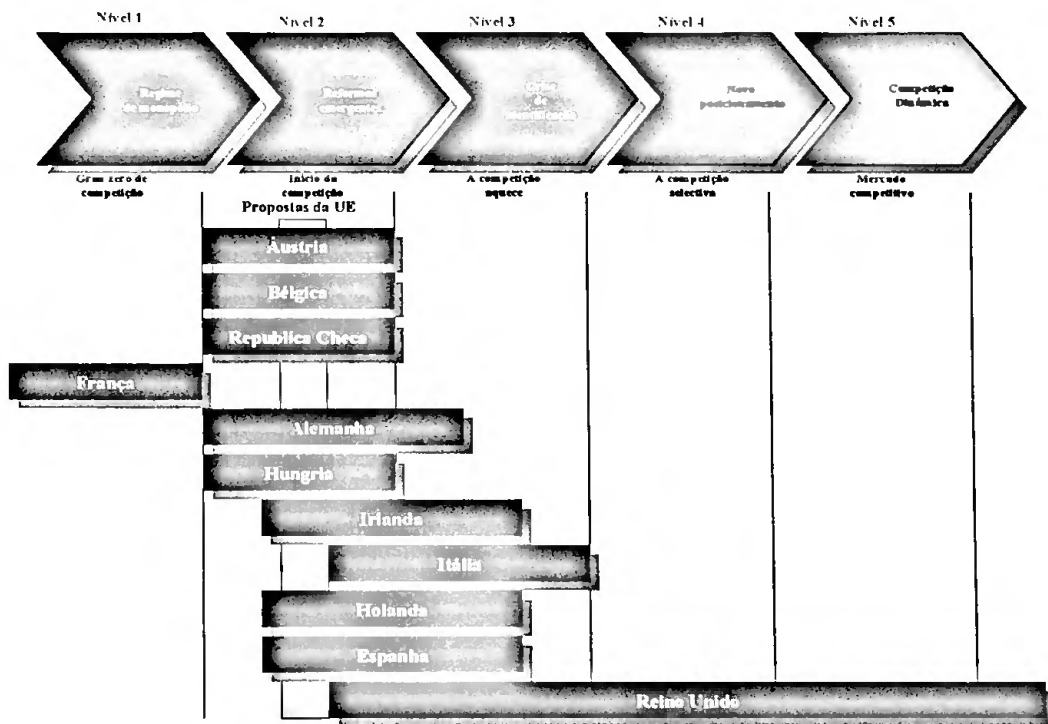


Figura 2: Estádios de evolução do mercado da energia eléctrica.

Fonte: *The European Regulatory Calendar Notes, Gas & Electricity*, London: Arthur Anderson, 1997.

O processo de abertura do mercado interno de electricidade iniciado em 19 de Fevereiro irá atingir uma percentagem de 33% do mercado no ano 2003. Este processo irá decorrer de uma forma gradual de acordo com os objectivos enunciados na Tabela 2.

²² Mercado Interno de Electricidade, Entidade Reguladora do Sector Eléctrico, Dezembro 1998.

Tabela 2: Objectivos para a abertura do mercado de electricidade.

Percentagem do mercado	26.48 %	30%	33%
Data da implementação	1999.02.19	2000.02.19	2003.02.19
Limite de elegibilidade	40 GWh	20 GWh	9 GWh

Fonte: *The European Regulatory Calendar Notes, Gas & Electricity*, London: Arthur Anderson, 1997.

Os princípios da reforma não foram encarados com igual entusiasmo nos diferentes Estados-membros da UE. O facto torna-se evidente, se observarmos os diferentes estádios em que se encontram alguns dos países da UE e outros ainda extra comunidade, (ver Figura 2).

Em relação ao posicionamento dos Estados e entusiasmo com que enfrentam as mudanças em curso, Atle Midttun²³ (1997) coloca duas questões extremamente pertinentes:

1. *“Why did the liberal shift of the early 90’s take place, after a long period of relative institutional stability?”*
2. *“Why was the liberal shift so selective, and why can we observe such extensive differences among countries?”*

Para estas duas questões, Midttun adiantou algumas respostas possíveis.

Quanto à primeira, são apontadas duas pistas não exclusivas, a saber:

- i) O desenvolvimento da teoria da regulação²⁴ - a moderna teoria da regulação permite que as diferentes actividades do sistema eléctrico sejam expostas a graus de competitividade diferenciados, ultrapassando a tradicional dicotomia entre mercado e sistema hierárquico. Existe agora a possibilidade de estabelecer “menus de regulação”, mais refinados e orientados para as especificidades das diferentes actividades.
- ii) A outra resposta sugerida é a internacionalização da economia europeia e a necessidade das empresas europeias, nomeadamente as grandes multinacionais, de enfrentarem com sucesso o processo de integração europeia, num contexto internacional de globalização da economia. As grandes empresas consumidoras de energia eléctrica exerceram grande pressão junto da Comissão, para que se desse início às reformas do mercado da energia. A exposição do sector à competição era entendida como a única garantia de se caminhar no sentido da baixa sustentada dos preços da electricidade²⁵.

²³ (Midttun, 1997) Capítulo X

²⁴ Ver capítulo 2.2

²⁵ *“The central role of energy in modern economic life is undisputed and policymakers cannot ignore such a significant sector....It is a significant cost component for industry...energy costs are significant for a much broader range of sectors. The relative costs of energy compared with Europe main rivals mean that securing*

Julgamos que a própria dimensão do sector pode também complementar a resposta a esta primeira pergunta e acrescentar algo às pistas apontadas por Midttun. A importância crescente quer seja a económica²⁶, quer a social²⁷ do sector energético, no qual o Sector Eléctrico tinha um peso significativo, criaram uma inércia difícil de vencer por força da acção política.

Para a segunda questão, Midttun remete-nos para um âmbito mais subjectivo, a experiência económica e cultural de cada Estado-membro, inscrita na sua História. As organizações industriais são um reflexo dessa mesma experiência. Esta é uma perspectiva essencialmente evolucionista. As organizações são vistas como tendo o seu desenvolvimento condicionado por uma matriz cultural, influenciada pelas experiências anteriores. O desenvolvimento dos sistemas industriais não deve ser analisado independentemente dos acontecimentos prévios, esta é a súpula da teoria, “*path dependency*”²⁸. Esta temática está intimamente ligada com as tradições de política económica e industrial. Mac Dougall (1994) não tem dúvidas em classificar o sector energético como o mais politizado, chegando mesmo a designá-lo como um “caso especial”²⁹.

As soluções adoptadas nos países europeus obedeceram a padrões de comportamento não standardizados e motivados por políticas industriais distintas. Os comportamentos paradigmáticos apontados por Midttun são os seguintes:

-
1. Os liberalizadores (os primeiros foram Reino Unido e Noruega, seguidos da Finlândia e Suécia).
 2. Os sistemas monopolistas em França (bem como a maioria dos países do sul da Europa; Portugal, Espanha e Itália) e ‘cartelista’ na Alemanha.
 3. Sistemas da transição negociada: a Holanda e a Dinamarca.
-

Fonte: Midttun, (1997).

keenly priced and reliable energy sources is a central part of ensuring competitiveness in Europe.” Johnson D., McCann K., *EU Energy Policy, ‘An evolving agenda’*, Financial Times Energy, 1998.

²⁶ Em 1994, as empresas do sector contribuíam com 17,2 % do total do *turnover* das maiores 200 empresas europeias, o *turnover* combinado das 10 maiores do sector totalizava 302 biliões de Ecu. (fonte:Financial Times)

²⁷ Em 1995, o sector energético empregava 1.622.000 indivíduos no petróleo e na produção de energia eléctrica. (fonte: Financial Times)

²⁸ Midttun cita; David, P.A.(1993) *Path dependence and predictability in dynamic systems with local network externalities: a paradigm for historical economics*. In Foray, Dominique and Freeman Christopher, (eds.), *Technology and Wealth of Nations*, Printer, London.

²⁹ “*Clearly the energy sector is a special case due to its importance to the economic well-being and security, of the Community.*” (Mac Dougall,1994)

No que diz respeito à postura concorrencial evidenciada na União Europeia, o Reino Unido e a França encontram-se em posições diametralmente opostas³⁰.

As diferenças, como resultado das especificidades individuais, podem ser dissecadas em quatro dimensões³¹: Regime de propriedade, Grau de acesso ao mercado, Concentração Industrial e Decomposição funcional das actividades (Midttun, 1997).

A reter, o caminho no sentido de um mercado da energia eléctrica verdadeiramente competitivo teve um ‘parto difícil’ gerando uma solução de compromisso e promovendo diferenciados comportamentos de acordo com as políticas industriais dos Estados-membros.

Os comportamentos podem ser analisados à luz das anteriores experiências políticas e sociais dos diversos países.

Em Portugal as alterações em curso no sector energético nacional, implicaram um novo figurino para o Sistema Eléctrico Nacional (SEN). A nova arquitectura do sistema está representada na Figura 3.

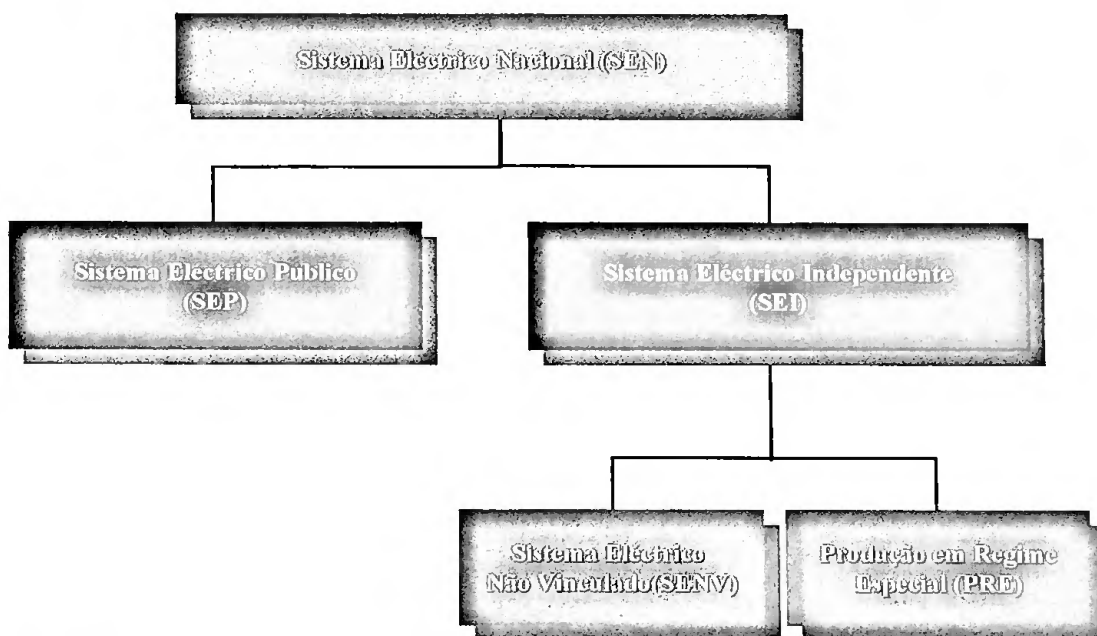


Figura 3: Arquitectura do Sistema Eléctrico Nacional.

³⁰ A título de exemplo, no caso francês, atente-se nas palavras de Galland Y. (1994); "What we must therefore avoid at all costs is to seek an artificial and premature consensus between the European Union Member States. On the contrary, a much more modest and pragmatic approach is needed to begin with, this being the only realistic way of expediting matters. France recommends applying the principle of subsidiarity (a) to the determination by each Member State of its energy policy as a function of its specific features and (b) with regard to the definition by each of them of general economic interest obligations."

³¹ Este trabalho foi realizado por Midttun relativamente à Produção de Energia Eléctrica para os países classificados como casos paradigmáticos. A maior atenção dada inicialmente à produção revela que foi este o primeiro sector sobre o qual a UE quis fazer sentir a pressão competitiva.

Os “menus de regulação” são um dos elementos que caracterizam as diferentes concepções de política industrial, adoptadas nas modernas economias reguladas. As opções metodológicas, actualmente em voga, são soluções de compromisso, bastante híbridas e complexas, com múltiplos objectivos (ganhos de eficiência, redução de custos, protecção ambiental e uma maior atenção aos investidores privados)³², alguns difíceis de conciliar.

Um dos objectivos propostos pelos reguladores é o incentivo à obtenção de ganhos de eficiência por parte das empresas reguladas. O mecanismo escolhido para conseguir esse objectivo é para isso fundamental, sendo a razão pela qual a regulação continua na “agenda do dia”³³.

³² A criação de um ambiente competitivo foi um dos objectivos, que começou com a privatização das empresas públicas, *“Problems raised by the ‘regulatory bargain’ have been among the most difficult to resolve in the liberalisation process. As some member states have found, the problems of creating a competitive environment only begin with the transfer of a publicly owned monopoly into private ownership. They certainly do not end there.”* (EU Energy Policy ‘an evolving agenda’, *Financial Times Energy*, 1998)

³³ *“We think the regulatory mechanism may be one of the factors keeping both OFFER and the industry at the top of the political agenda”* (Burns P., Weyman-Jones, 1997)

2. A REGULAÇÃO (UMA VIA DE EFICIÊNCIA)

2.1. PRINCÍPIOS ELEMENTARES DA REGULAÇÃO INDUSTRIAL

“Today's natural monopoly may be tomorrow's naturally competitive industry. Therefore the proper scope of regulation is often uncertain and changing than clear.”

Shepherd W. (1990, pp. 493)

Num sector em mutação dinâmica acelerada, como é o Sector Eléctrico, a regulação industrial é um tema importante a abordar, tanto mais que o incentivo a uma produção eficiente é também realizado por esta via. As teorias de regulação económica foram muito importantes na definição dos instrumentos a aplicar a este sector, acomodado quanto à concorrência. O ponto mais significativo, o qual nos interessa aqui salientar, refere-se à questão da correcção de ineficiências de empresas monopolistas, a realizar com filosofias consideradas de incentivos por via de diferentes metodologias de regulação.

Na maioria dos Estados-membros da UE, os monopólios naturais do Sector Eléctrico que se caracterizavam por ser de propriedade pública, deixaram de o ser. A regulação é assim uma necessidade inquestionável, com o objectivo principal de promover a competição onde esta nunca existiu.

Na tradição anglo-saxónica, a regulação é definida como “um processo pelo qual o controlo público é exercido sobre o poder privado no espaço de mercado”³⁴.

Um organismo regulador³⁵ pode ser caracterizado mediante as suas funções e respectivas características orgânicas. Estes organismos conjugam funções que normalmente lhes são atribuídas, as quais podemos enunciar como sendo: i) a regulação do preço, ii) a garantia que as empresas privadas cumprem com os termos das suas licenças de exploração, iii) a função de canal para auscultar o cliente, e por último a iv) margear a actividade e promover a concorrência na indústria regulada (Majone, 1994).

De acordo com a formulação de Selznick (1985), “a regulação representa um exercício, realizado por um organismo público centrado e sustentado, sobre actividades socialmente

³⁴ Ob cit.: Hancher L., Moran M. (1998), *Organizing Regulatory Space*, in: B. Baldwin, C. Scott, C. Hood, *A Reader on Regulation*, Oxford University Press.

³⁵ RO (Regulatory Offices) ou IRC (Independent Regulatory Commission), são as designações internacionais mais utilizadas, na literatura anglosaxónica, consoante os respectivos formatos orgânicos.

valorizadas”³⁶. Esta parece ser uma definição consensual e suficientemente robusta, e actualizada à luz das concepções europeias. A adjectivação utilizada por Selznick, quando se refere ao exercício “centrado” e “sustentado”, aponta para um exercício que ultrapassa o da observância jurídica das leis existentes, mas prolonga-se até ao conhecimento técnico detalhado da actividade regulada.

Antes mesmo de fazermos um breve incursão aos conceitos teóricos que sustentam a existência da figura do regulador para uma determinada indústria, começaremos por abordar a primeira das atribuições anteriormente enunciadas, a regulação do preço, em virtude de ser esta a mais evidente. A definição do preço por vezes acaba por transparecer como a única função do regulador. Existem duas formas para o regulador poder explicitar o preço: a primeira, pela definição directa do preço e a segunda, por definição da estrutura do preço de uma forma que seja “justa” e “razoável”.

Vejamos então uma breve súpula da teoria micro-económica que preside à definição de um preço.

Um caso notável na regulação do preço

Observemos o seguinte exemplo (Shepherd, 1990) ilustrado na Figura 4, o caso particular da electricidade em que estão presentes grandes economias de escala.

No caso ideal, de um monopólio natural operado por uma empresa pública, os objectivos são: lucro nulo, utilização integral da capacidade instalada e o fornecimento da energia eléctrica ao preço mínimo possível.

O custo médio diminui com a quantidade de electricidade produzida Q_c . A curva da procura para a electricidade intercepta a curva dos custos médios para uma quantidade coincidente com a procura, no pressuposto da capacidade ter sido bem planeada. É na persecução deste ponto óptimo que a entidade reguladora intervém, fixando o preço P_c para uma procura e consumo por parte dos clientes de Q_c . Para este ponto óptimo não existe lucro por parte da empresa. A capacidade é integralmente usada e a electricidade fornecida ao preço mais baixo possível. Os objectivos definidos foram atingidos, ou seja, a economia de escala foi conseguida e o preço do produto é fixado no seu valor mínimo, por via do custo.

³⁶ Ob. Cit. por Majone (1994).

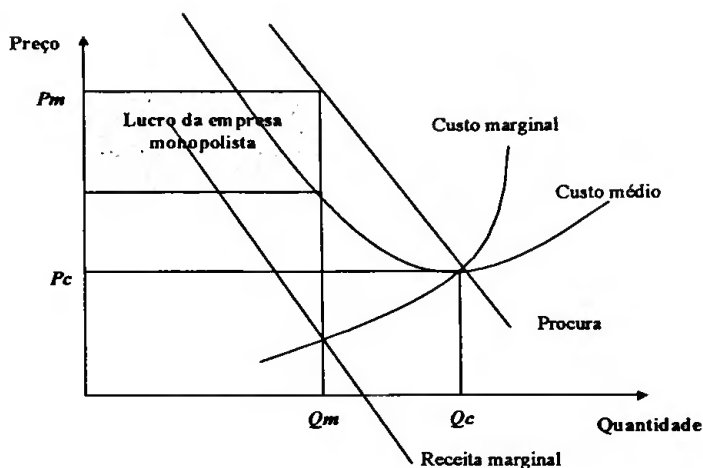


Figura 4 : Exemplo de um preço ditado em regime de monopólio.

Fonte: Shepherd W. G. (1990), *The Economics of Industrial Organisation*, Prentice-Hall, Inc., pp. 492.

Recorde-se que, o preço de um produto produzido por uma empresa deve igualar o custo marginal, e se este difere do primeiro, então a empresa apresenta um lucro diferente de zero, (ver Figura 4). É neste caso, obrigação do regulador colocar a estrutura dos preços em concordância com os respectivos custos marginais.

A Regulação e as Indústrias

A “função regulação” tem especificidades dependendo da indústria ou sector regulado, mas é também função da fase de desenvolvimento da própria indústria. Quanto a esta segunda condicionante, nas indústrias consideradas monopólios naturais, temos a relembrar as quatro fases distintas do processo evolutivo de uma indústria: nascimento, crescimento rápido, maturidade c/ estabilidade e por último, o retorno ao mercado competitivo, preterindo-se a regulação.

As grandes economias de escala verificadas durante a primeira fase prolongam-se durante a segunda mas sucumbem já durante a terceira fase. Durante as segunda e terceira fases algumas destas indústrias só já têm monopólio natural em alguns sub-sectores, sendo talvez o Sector Eléctrico o melhor exemplo, em que o único monopólio natural a merecer pleno

consenso é o conjunto de actividades do Transporte e da Distribuição de Energia Eléctrica. Na indústria eléctrica, a Produção de electricidade e mesmo já a comercialização ‘retailing’ vão sendo alvos de pressões externas, para que sejam encontradas soluções que as enquadrem no mercado competitivo³⁷.

É normal que um monopólio só justifique uma situação de mercado regulado durante um determinado período. Esta é uma perspectiva mais flexível do que a apresentada por Stigler³⁸ e outros economistas da escola de Chicago, à luz da ‘teoria positiva’³⁹.

Contudo e de acordo com uma filosofia evolutiva para as indústrias, estas podem ser condicionadas no seu normal crescimento por determinadas políticas industriais se forem inibidoras da normal evolução das indústrias⁴⁰ (Shepherd, 1990). Digamos que existem determinações exógenas ao próprio mercado, que vão influenciar, acelerar ou retardar a permanência das indústrias nos respectivos estádios de evolução.

A perspectiva evolutiva indicada para os monopólios naturais, tem como premissa que a regulação é uma via de transição para o liberalismo. A primeira fase promove e suporta o crescimento das indústrias, assegurando a respectiva penetração de mercado. Mas já nas fases três e quatro a protecção é conferida à empresa regulada, em detrimento da concorrência. Este é pois um argumento que Shepherd (1990, pp. 495) aponta para concluir da dificuldade do processo de desregulamentação, “*A desregulamentação é normalmente um processo difícil, ao qual resistem a empresa regulada e o organismo regulador*”.

A visão consensual quanto ao significado e à especificidade da actividade de regulação é um fenómeno relativamente recente (Majone, 1994). Isto porque, só na última década foi realizado um significativo esforço de investigação e compreensão em torno deste conceito na

³⁷ Cit. “*A regulação mais não tem feito que antecipar em modo profilático e em doses homeopáticas a inevitável terapia*” J. Vasconcelos, 1998 (Presidente do CA da ERSE), Revista Valor, 99.02.1998.

³⁸ in: Stigler G.J.(1971), *The Theory of Economic Regulation*, Bell Journal of Economics and Management Science, 6/2, pp.114-141.

³⁹ Se assumirmos que é o governo o principal responsável pela definição das regras tarifárias nos sectores monopolistas e admitirmos como plausível que “na sua maioria os governos não procuram a maximização do lucro por parte das empresas monopolistas”, temos assim duas teorias (Normativa e Positiva), que diferem quanto aos objectivos dos governos para justificar este comportamento (Bös D., 1998).

Teoria Normativa: Os governos procuram maximizar o bem estar, pelo que as regras de definição dos preços são elaboradas com suporte em funções de ‘bem estar social’. Um bom exemplo desta teoria é aplicado pela EDF (Electricité de France), na definição dos preços da electricidade.

Teoria Positiva: Os governos tem objectivos políticos e burocráticos próprios. ‘Economia realista’, os políticos maximizam os votos, os burocratas por seu lado procuram a construção e a consolidação de impérios económicos com a maximização do ‘output’.

⁴⁰ Numa estimação da duração das fases para diversos monopólios naturais (Treatment of Market Power) nos Estados Unidos, Shepherd colocava o Sector Eléctrico na terceira fase, I fase (1870-1885), II fase (1885-1960) e o início da III fase em 1960. Na mesma fase que o Sector Eléctrico, o autor situou as seguintes indústrias, o Gás Natural, as comunicações telefónicas fixas e a televisão por cabo, tendo o início da III fase em, 1950, 1947 e 1975 respectivamente.

Europa. A viragem ocorreu com a percepção que a função regulação é também uma forma de acção política, forma esta muito subestimada na Europa.

Nos Estados Unidos o entendimento político desta questão foi sempre muito mais claro e objectivo, suportado por décadas de estudo, no campo jurisdicional, económico e político do processo de regulação. Convém aqui mencionar que a regulação tem os primeiros desenvolvimentos (ao nível legislativo, administrativo e jurisdicional) nos Estados Unidos no ano de 1887⁴¹.

Também os âmbitos e respectivos enquadramentos dados à regulação são diversos. Na acepção americana a análise da regulação foi sempre tratada como um assunto político e administrativo. Já na Europa o enquadramento era formalizado puramente ao nível administrativo, a ser resolvido e analisado na esfera do poder central (no qual se incluía a ‘nuance’ judicial).

A visão dos teóricos europeus é descrita por Majone (1994), como um conjunto de temas do âmbito legislativo, o qual se circunscreve às competências do poder estatal, com o objectivo último do controlo social. Na Europa, os modelos de regulação têm sido elaborados com preocupações de detalhe ao nível da formulação legal para as regras a aplicar sectorialmente. Esta visão contrasta claramente com a formulada pelos investigadores americanos, a qual possibilitou o aparecimento das denominadas entidades independentes, nas quais convergiram inúmeras atribuições de natureza legislativa, administrativa e jurisdicional.

Estas diferenças eram então evidentes no final da década de 70⁴², princípio da década de 80. Os temas trazidos então para a ordem do dia foram a ‘desregulação’ e as ‘privatizações’. As preocupações e a preparação teórica sobre estes dois temas eram substancialmente diferentes nos dois lados do Atlântico, levando os economistas americanos a ter a ideia, que a análise da regulação como forma de acção política na Europa se encontrava numa ‘primeira infância’.

A existência e a consciência desta diferença pareciam constituir de facto a única concordância entre ambos, senão atente-se em mais opiniões complementares que traduzem esta diferença de interesses e propósitos.

A Europa tem concentrado a sua atenção na determinação dos preços óptimos num monopólio público multiproduto, ignorando-se, por conseguinte, os problemas de incentivos⁴³. Explica-

⁴¹ Interstate Commerce Act of 1887.

⁴² Em 1978, iniciou-se o movimento de privatizações no espaço europeu que teve como ponto de partida o Reino Unido.

⁴³ Cfr. Boiteaux, M. (1971), On the Management of Public Monopolies Subject to Budgetary Constraints, *Journal of Economic Theory*, (3), pp.219-240. Ob. Cit. em Cabral, L. (1994).

nos Cabral (1994) que isto se deve à divergência de interesses por parte dos investigadores europeus e norte-americanos.

Nos Estados Unidos, pelo contrário, o tema central tem sido a regulação dos monopólios naturais, isto é, a solução do problema da divergência de incentivos entre regulador (Estado) e regulado (monopólio). Numa análise mais simples e objectiva Shepherd (1990) regista que existe uma concepção americana muito própria de regulação, tornando-a distintiva das formulações europeias. É a conciliação de dois princípios chave, a maximização da propriedade privada e um determinado nível de controlo público.

Existe contudo uma teoria que proporciona uma explicação para a diferenciação de conceitos funcionais de regulação e respectivos desenvolvimentos teóricos. Esta teoria suporta que o modelo americano de regulação tem o seu equivalente na Europa às nacionalizações. As nacionalizações tiveram a primeira vaga na Europa em (1876-96) após a primeira grande depressão da economia capitalista. A propriedade pública em sectores como a electricidade, gás, água, telecomunicações, caminhos-de-ferro e outros monopólios naturais era justificada pela protecção do interesse público contra os poderosos interesses privados. É necessário evidenciar um aspecto particular, a propriedade pública não se destinava unicamente a regular os preços, assegurar as barreiras à entrada e promover a qualidade de serviço. Além do mais, existiam outros objectivos sociais e economicamente muito valorizados, incluindo o próprio desenvolvimento económico, a inovação tecnológica, o emprego, a redistribuição da riqueza e a segurança nacional.

A justificação para a regulação industrial em termos normativos é mais simples e menos conflituosa quanto aos objectivos que visa atingir. São estes, o aumento da eficiência económica através das correcções às falhas de mercado (ex. monopólio), a informação imperfeita e as externalidades negativas.

Para demonstrar a equivalência funcional das duas abordagens económicas é elaborado um raciocínio que estabelece a correspondência das falhas nos sectores regulados economicamente e as equivalentes falhas nas economias com indústrias nacionalizadas, (atente-se na Tabela 3).

Vejamos então como exemplos paradigmáticos⁴⁴ e actuais dois modelos orgânicos de regulação adoptados para o Sector Eléctrico nos EUA e no Reino Unido, ambos já com um

⁴⁴ Parece óbvio que estes não são os exemplos mais contrastantes, em termos de modelos de organismos reguladores adoptados, mas por serem ambos países anglo-saxónicos com bastantes afinidades económicas o facto da existência de diferenças, valoriza-os como exemplo.

universo empresarial quase totalmente constituído por empresas privadas, mas ainda com diferentes filosofias presentes na formulação da arquitectura escolhida.

Tabela 3: Comparação das duas naturezas de ‘falhas’ económicas.

Falhas da Regulação Económica	Falhas das Indústrias Nacionalizadas
1. Regulador influenciado ⁴⁵ pelas empresas reguladas	1. Influência ⁴⁶ dos gestores públicos pelos partidos políticos e sindicatos
2. Sobrecapitalização (efeito Averch-Johnson)	2. Burocratização das empresas
3. Regulação anti-competitiva	3. Monopólios públicos
4. Objectivos difusos ‘regulação em função do interesse público’	4. Objectivos ambíguos e inconsistentes por parte dos gestores públicos
5. Falta de coordenação entre os diferentes organismos reguladores	5. Falta de coordenação entre as diversas empresas públicas
6. Insuficiente consciência política das IRCs ‘politicamente insensíveis?’	6. A não existência de um controlo efectivo e concreto sobre as empresas públicas (por parte dos Paramentos, tribunais e o respectivo ministério tutelar)

Fonte: (Majone G.,1994)

Reino Unido & EUA (Dois exemplos de diferentes abordagens no Sector Eléctrico)

“Although the UK industry has been a model for deregulation, it is paradoxical that the role of the regulator remains critical.” (Burns e Weyman-Jones, 1997)

O organismo regulador no RU foi criado após o “*Electricity Act 1989*”⁴⁷. Com a criação do cargo de Director Geral para o Fornecimento de Electricidade, no qual vieram a ser acumuladas todas as responsabilidades da actividade de regulação para o sector, e cujo responsável é nomeado por um período de cinco anos. A responsabilidade desta nomeação cabe ao ‘*Department of Trade and Industry*’, na pessoa do Secretário de Estado.

Estamos portanto na presença de um sistema, no qual se procura identificar o modelo com a personalidade nomeada para desempenhar o mais alto cargo no organismo regulador. A metodologia é definida hierarquicamente.

⁴⁵ Tradução do autor, do inglês ‘capture’.

⁴⁶ Idem nota 45.

⁴⁷ O *Electricity Act* introduziu a reforma institucional mais importante da indústria de electricidade abrangendo: (a privatização radical; a ruptura das ligações verticais; a separação das diversas actividades; a criação de um mercado de curto prazo cujos mecanismos permitem assegurar a coordenação por ordem de mérito). Cit: Soares M. I. (1996), *Formas avançadas de Concorrência e a Directiva Comunitária de Abertura dos Mercados de Electricidade*, Faculdade de Economia da Universidade do Porto.



A solução americana é substancialmente diferente, quer na forma quer nas metodologias adoptadas. Existem nos EUA vários organismos reguladores para o Sector Eléctrico, com responsabilidades partilhadas, e constituídos por diversos comissários. Ao nível nacional existe a FERC (Federal Energy Regulatory Commission) que supervisiona as vendas e taxas aplicadas inter-Estados, sendo dotada de jurisdição própria para o efeito e constituída por um presidente e quatro comissários. Este organismo é uma agência independente mas integrada no US Department of Energy.

Vejamos agora uma sistematização das principais diferenças nos *'modos operandi'*;

A circunstância de todo o poder estar concentrado num único cargo, coloca o sistema inglês numa posição de maior independência em relação ao poder político, quando comparado com a solução americana. Mas paradoxalmente, ou talvez não, afirma que, as relações dos governantes e da indústria são de uma grande proximidade, o que permite por vezes opiniões consensuais⁴⁸.

O peso das estruturas e o âmbito jurisdicional das diversas comissões estatais nos EUA não tem correspondência no sistema inglês, tendo este último, um âmbito nacional⁴⁹ e uma estrutura muito mais leve⁵⁰. Os EUA são férteis em exemplos de uma regulação do tipo formal e legalista, com organismos poderosos e com completa autonomia regulamentar à qual se adiciona a componente de poderes sancionatórios.

Outra diferença apontada na comparação das duas formulações de organismos, embora introduza um problema de credibilidade e questione o sistema do RU, diz respeito ao facto de muito do poder da entidade reguladora estar concentrado numa única pessoa. De acordo com diversos analistas é introduzido um efeito perverso de desresponsabilização deste mesmo organismo. É um exemplo óbvio de processos pouco transparentes e pouco controláveis mas com a contrapartida de um baixo nível de formalismo. Pelo contrário, o exemplo americano, mostra um sistema formal e transparente, com ciclos de decisão por vezes extensos, (Baldwin, 1998). Esta diferença não é completamente distinta da primeira, no entanto são diferentes implicações da mesma característica orgânica.

⁴⁸ Cfr. Baldwin (1998).

⁴⁹ Relativamente ao âmbito do sistema inglês, há a salientar que este não é alargado à política "anti-trust", a investigação e observação de regras de concorrência estão sobre a alçada da MMC (Monopoly and Mergers Commission). Outra entidade com papel relevante no sector é a OFT (Office of Fair Trade), sendo esta responsável pela defesa do consumidor, no caso particular o consumidor de energia eléctrica. (Fonte: EIA, site: www.eia.com, 1997)

⁵⁰ Em 1997, o organismo inglês OFFER registava pouco mais de 200 funcionários, em contraste temos a PUC (Public Utility Commission) do Estado da Califórnia com mais de 900 funcionários. (Fonte: EIA, site: www.eia.com, 1997)

Quanto às respectivas metodologias de regulação aplicadas em concreto, existe uma diferença clara e explicitada na justificação e aplicação das filosofias que lhes estão subjacentes. Os EUA são tradicionalmente adeptos da regulação por taxa de rentabilidade, bastante enraizada na cultura de regulação económica americana. A metodologia adoptada para o Sector Eléctrico no RU foi influenciada pela perspectiva individual do Director Geral, Stephen Littlechild, individualidade associada a uma visão de regulação por incentivos, defensor de uma metodologia “Price Cap” (RPI - X)⁵¹ ao invés da taxa de rentabilidade, quer para o Transporte quer para a Distribuição de Energia Eléctrica.

A metodologia de regulação directa dos preços “Price Cap” (RPI - X) utiliza a adopção de patamares para a fixação de preços, o que permite às empresas reguladas a ocultação do seu volume de investimento, assim como das suas decisões estratégicas. Existe neste caso um claro contraste com a utilização da taxa de rentabilidade, em que os investimentos e algumas das opções estratégicas da empresa têm que ser declaradas ao organismo regulador. Há que adicionar a esta diferença, o facto da primeira permitir, através de ganhos sucessivos de produtividade e eficiência bem como de acções de *benchmarking* realizadas pelo organismo regulador, uma melhor determinação e formulação do período de regulação seguinte, com a elaboração de novos patamares. Está, portanto, subjacente a esta metodologia uma filosofia de incentivo ao aumento de produtividade e eficiência para o universo das empresas reguladas.

⁵¹ Esta metodologia não é exclusiva do Sector Eléctrico, sendo aplicada em vários países nos mais diversos sectores industriais.

2.2. A FILOSOFIA DE INCENTIVOS PRESENTE NA REGULAÇÃO DE PREÇOS

As principais metodologias de regulação de preço na Electricidade

Quando a fixação do limite do lucro é exógeno à própria empresa, e nos casos de variação da conjuntura económica, como por exemplo em períodos de elevada inflação, é moroso e desgastante se a atitude de alterar as restrições ao lucro tiver que ser tomada ao nível do governo nacional. Este processo pode igualmente implicar um desgaste da gestão devido à perda de tempo e energias.

Nos casos dos monopólios naturais a regulação pode ser aplicada por via de um conjunto de regras simples. Por vezes estas regras oferecem às empresas um conjunto de graus de liberdade que lhes permite maximizar o lucro e a produção, comprometendo o 'bem estar social'. Estas regras foram criadas no pressuposto da informação ser perfeita, nomeadamente, para o regulador, para os valores da procura e dos custos⁵². No entanto, se o regulador não puder assegurar o cumprimento destas regras, a empresa tira vantagens da informação não disponível ao regulador.

Existem metodologias de regulação alternativas a estas regras simples, que aplicam restrições aos lucros das empresas em função de diferentes critérios, uns de natureza endógena (fixação da margem função do custo, e fixação do lucro 'justo' por unidade produzida) e outros exógenos como a regulação por taxa de rentabilidade. A regulação por taxa de rentabilidade teve um bom acolhimento nos países anglo-saxónicos, nomeadamente nos EUA onde ainda hoje é adoptada pela maioria dos Estados como metodologia base na regulação do Sector Eléctrico.

⁵² Ver Börs (1998) pp. 251-263, são enunciadas quatro dessas regras simples e utilizadas na regulação de sectores como o da electricidade.

Regulação por taxa de rentabilidade

Este tipo de mecanismo garante à empresa regulada um determinado nível de retorno do capital empregue na sua actividade em função dos seus custos de exploração. A regulação por taxa de rentabilidade é simultaneamente aplicada quer a empresas do sector público, quer a empresas de capital privado. A ideia é simples: em cada período, o regulador procede a uma auditoria dos custos da empresa para determinar o seu valor. Posteriormente são calculados os preços que cobrem esses custos e permitem à empresa usufruir de uma taxa de rentabilidade determinada (Cabral, 1994).

As empresas públicas consideram esta metodologia como uma limitação e restrição à maximização do bem-estar. Visões diferentes têm as empresas privadas que a consideram como um restrição e limitação ao lucro.

A taxa de rentabilidade a aplicar pode ser definida de uma forma simplificada como:

$$\text{Taxa de rentabilidade}^{53} = \frac{\text{Proveitos} - \text{Encargos Operacionais}}{\text{Custo do capital}}$$

A concepção dinâmica para a aplicação desta metodologia obriga a revisões periódicas da taxa a aplicar. Estas revisões são ditadas pelas mudanças tecnológicas operadas no tempo, razão pela qual períodos longos são desaconselháveis.

Este tipo de regulação apresenta alguns problemas com a dinâmica de revisão da taxa, (*i.e.*, no período intercalar o regulador e a empresa pretendem tirar vantagem). Os comportamentos estratégicos operados pelos intervenientes são função de factores como a duração do período da revisão e a informação disponível⁵⁴. Esta filosofia de regulação é conhecida por '*rate-base regulation*'.

As principais limitações e críticas apontadas a esta metodologia de regulação são (Bös, 1998):

- i) A falta de incentivos à redução de custos e inovação tecnológica, por via do aumento de lucros que é directamente proporcional ao capital em jogo;
- ii) Criação de efeitos de distorção de capital, (*i.e.* efeito *Averch-Johnson*, aumento de capital relativo aos *inputs* para induzir um aumento de lucros);
- iii) Elevados requisitos de informação por parte do regulador à empresa regulada por forma que este possa avaliar de uma forma 'justa' qual a percentagem de lucros

⁵³ Para efeitos de simplificação não foram considerados os impostos, a inflação anual e as amortizações.

⁵⁴ Ver Bös D. (1998) pp.276-277

admissível, os impostos e as depreciações. A empresa tem que disponibilizar ao regulador toda a sua informação relativa ao investimento futuro, afectação de recursos e opções estratégicas, o que implica que esta se torne transparente.

Regulação directa dos preços (*Price Cap Regulation*)

A metodologia de regulação directa de preços '*Price-cap*', consiste simplesmente em impor à empresa regulada um tecto máximo de aumento de preços. O tecto que a empresa não pode exceder é igual ao IPC (Índice de Preços ao Consumidor) menos uma constante X, constante esta que pode ser definida endógena ou exogenamente à empresa regulada.

$$\frac{P_t}{P_{t-1}} = IPC - X$$

Nesta metodologia a questão mais interessante e difícil de avaliar coloca-se na escolha do parâmetro X. O valor é definido *a priori* pelo regulador, para um determinado período. Se o parâmetro definido for exógeno à empresa estamos numa denominada "regulação política" (Bös, 1998). Neste caso, o potencial de incentivo do mecanismo é bastante elevado, levantando no entanto, questões pertinentes de natureza subjectiva aquando da escolha do valor X. Por exemplo "the companies managers are not the shareholders, the chosen figure for X acts like a binding constraint rather than an incentive target"⁵⁵.

Inicialmente esta metodologia foi criada com o propósito de fixar um parâmetro endógeno à empresa. O valor esperado do crescimento da produtividade é considerado uma boa opção, "...Littlechild originally suggested that a forecast of the industry's potential productivity growth, or actual achieved productivity growth might be good candidates."⁵⁶. Normalmente nestes casos os acréscimos de produtividade traduzem-se em benefícios para a própria empresa. Esta filosofia é conhecida como "productivity-related regulation" (Bös, 1998), mas é também entendida como uma confiscação dos lucros passados, o que lhe reduz o potencial de redução de custos.

⁵⁵ Ob. cit : Burns and Weyman Jones (1997)

⁵⁶ idem ⁵⁵.

A importância do parâmetro X

Se assumirmos que a empresa tem uma atitude de maximização do lucro, o valor actual do parâmetro X é menos relevante na procura de uma produção mais eficiente, procurando a empresa superar a redução com o objectivo de reter eventuais lucros residuais. Pelo contrário, se a empresa for avessa ao risco, a escolha do parâmetro é mais crítica (Burns, 1997). Em ambos os casos a escolha de X é importante, quando se trata de promover ganhos de eficiência. O regulador procura estimar o potencial de ganhos de eficiência que podem ser transferidos para o consumidor.

De acordo com Burns e Weyman-Jones (1997), colocam-se duas importantes questões quando este tipo de metodologia de regulação é usado:

- 1) Como se pode avaliar os potenciais ganhos de produtividade ao invés da consolidação dos lucros passados? Este problema tem que ser ultrapassado para que se possa manter a filosofia de incentivos;
- 2) Como pode este mecanismo traduzir os aumentos de eficiência da empresa regulada em ganhos para os consumidores? Esta condição é necessária que seja satisfeita, de forma a obter uma ampla aceitação pública.

Sliding Scale

Uma metodologia alternativa às duas anteriores e que procura responder a alguns dos problemas colocados é o mecanismo de '*sliding scale*'. Sumariamente, o sistema de regulação por '*sliding scale*' consiste em deixar à empresa regulada a definição da taxa de redução de preços, por via de contratos alternativos, de acordo com sistemas mais ou menos complexos de incentivos, traduzidos em recompensas para a empresa em função do lucro, *i.e.*, a empresa é autorizada a reter uma percentagem dos lucros tanto maior quanto maior for a redução dos preços efectuada (Burns, 1997). Este mecanismo permite recompensar as empresas mais eficientes e penalizar as menos eficientes.

2.3. A REGULAÇÃO TARIFÁRIA NA DISTRIBUIÇÃO EM PORTUGAL

De acordo com os objectivos definidos, o principal instrumento dinâmico ao alcance da entidade reguladora para promover o aumento da eficiência é sem dúvida a metodologia tarifária adoptada e inscrita no Regulamento Tarifário (RT). Outros instrumentos, como o Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS), têm um carácter meramente regulamentar, servindo para margear a actividade quanto à sua qualidade e responsabilidades das partes intervenientes no sector. O RQS é um instrumento de enquadramento legal, que tem uma função bastante limitada na procura da eficiência, estabelece unicamente os padrões da qualidade de serviço.

Interessa-nos agora realizar uma análise das opções metodológicas definidas no Regulamento Tarifário para a actividade de Distribuição, as quais irão condicionar no futuro o desempenho das empresas concessionárias.

Nos princípios gerais do RT (art. 5º), atente-se naqueles que directamente enunciam as preocupações de equilíbrio financeiro e promoção de um desempenho economicamente eficiente para a actividade de Distribuição, alíneas c) e d) respectivamente:

"c) Garantia do equilíbrio financeiro dos distribuidores vinculados, segundo o qual, em condições de gestão eficiente, eventuais alterações de licenças vigentes, tendo presentes as muito diversas características geográficas e físicas do sistema de Distribuição de Energia Eléctrica, não devem por em causa a manutenção da rendibilidade daquelas empresas;

d) Criação de incentivos à entidade concessionária da RNT e aos distribuidores vinculados para permitir o desempenho das suas actividades de uma maneira economicamente eficiente, respeitando os padrões de qualidade de serviço estabelecidos no regulamento da qualidade de Serviço e mantendo níveis de segurança na produção e transporte de acordo com as licenças e os programas contratuais."

É evidente que a eficiência técnica e económica das empresas reguladas de Distribuição é uma preocupação do organismo regulador. As ineficiências do sistema estão maioritariamente concentradas na actividade de Distribuição de Energia Eléctrica, pelo que, era imperioso adoptar um sistema de incentivos que promovesse a eliminação progressiva destas ineficiências.

As tarifas reguladas pela ERSE e previstas no Regulamento Tarifário (art. 6º) são as seguintes:

- a) Tarifa de Energia e Potência;
- b) Tarifa de Uso Global do Sistema;
- c) Tarifas de Uso da Rede de Transporte:
 - i) Tarifa de Uso da Rede de Transporte em MAT;
 - ii) Tarifa de Uso da Rede de Transporte em AT;
- d) Tarifa de Venda da Entidade concessionária da RNT;
- e) Tarifas de Uso da Rede de Distribuição:
 - iii) Tarifa de Uso da Rede de Distribuição em AT;
 - iv) Tarifa de Uso da Rede de Distribuição em MT;
- f) Tarifa de Venda dos distribuidores vinculados em MT e AT aos distribuidores vinculados em BT;
- g) Tarifas de Venda a Clientes Finais.

Os regulamentos elaborados pela ERSE promoveram a separação contabilística e funcional das actividades do sistema, de acordo com o imposto pela legislação comunitária. A correspondência entre as tarifas aplicadas e já enunciadas e as respectivas actividades é ilustrada na Figura 5.

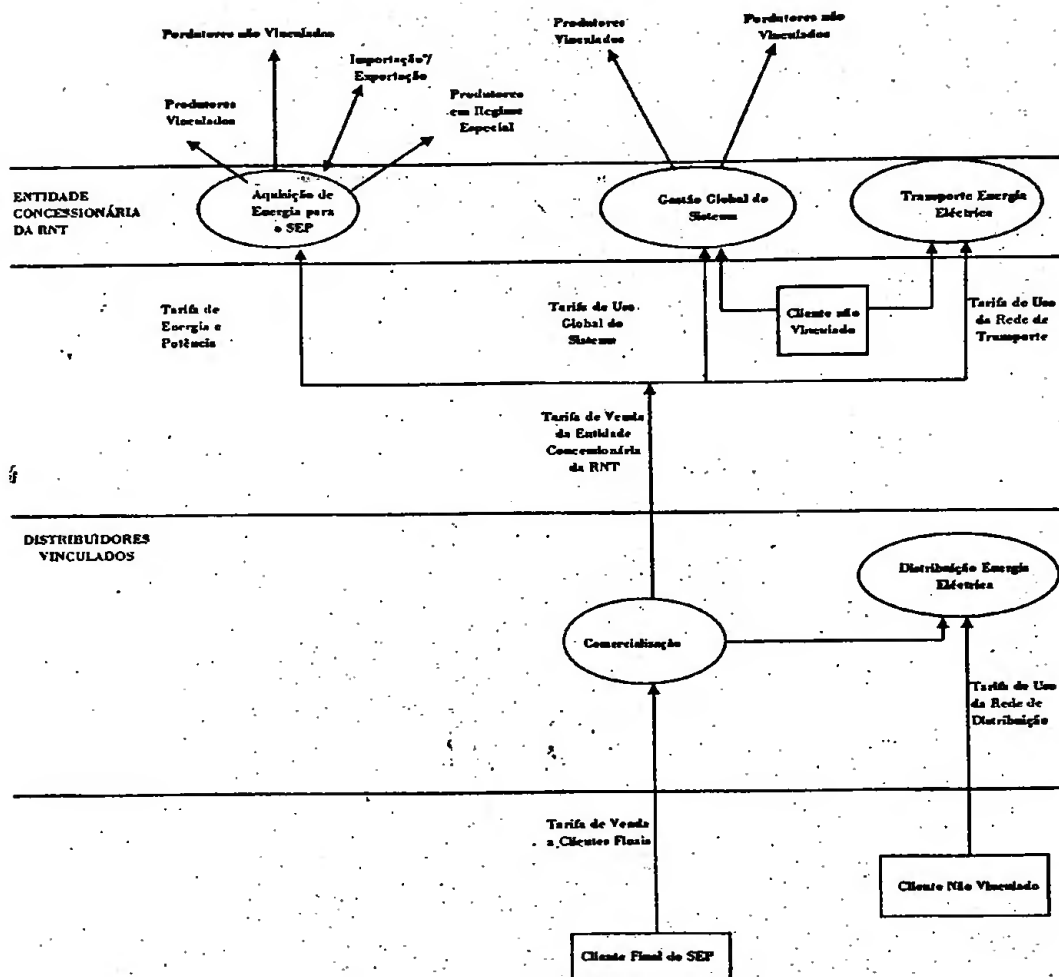


Figura 5: Correspondência entre actividades e tarifas reguladas.

Fonte: 'Tarifas e Preços para a energia eléctrica e outros serviços a partir de 1 de Janeiro de 1999', ERSE, Dez. 1998

Aos distribuidores vinculados são aplicadas as seguintes tarifas, Uso da Rede de Distribuição, Tarifa de Venda dos distribuidores vinculados em MT e AT aos distribuidores vinculados em BT⁵⁷ e Tarifas de Venda a Clientes Finais.

Vejamos agora algumas das soluções tarifárias aplicadas. Importa fazer aqui uma análise, mesmo que ligeira, às fórmulas inscritas no Regulamento Tarifário, para que se compreendam as principais implicações da regulação tarifária na correcção das ineficiências.

A solução adoptada não passa pela definição das fórmulas de cálculo directo das tarifas, mas sim do montante dos proveitos que estas devem garantir.

⁵⁷ A tarifa de Venda dos Distribuidores Vinculados em MT e AT aos Distribuidores Vinculados em BT é igual à tarifa de Venda a Clientes Finais em MT, podendo o distribuidor vinculado em BT escolher a opção tarifária que considere mais vantajosa, de entre as opções previstas para a referida tarifa em MT. (Art. 10º do RT)

Como definido no nº 1 do artigo 35º do RT, as tarifas de Uso da Rede de Distribuição (URD) devem proporcionar o montante de proveitos ao conjunto dos distribuidores vinculados de acordo com a formula de cálculo, para satisfação do princípio enunciado em c).

Os proveitos proporcionados pelas tarifas de URD têm componentes diversas: F^D a componente fixa dos proveitos, P_i^D as componentes variáveis unitárias, a relativa à valorização das perdas, a que permite a recuperação de custos incorridos com a protecção do ambiente e por último uma componente para ajustamentos anuais.

As componentes fixas e as variáveis dos proveitos são definidas para um determinado período de regulação, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$F_{i,t}^D = \begin{cases} F_1^D (t = 1) \\ F_{i-1}^D x \left(1 + \frac{IPC_{t-1} - X_{F,t}^D}{100} \right) (t = 2, \dots, n) \end{cases} \quad (2.1)$$

$$P_{i,t}^D = \begin{cases} P_{i,1}^D (t = 1) \\ P_{i-1}^D x \left(1 + \frac{IPC_{t-1} - X_{i,t}^D}{100} \right) (t = 2, \dots, n) \end{cases} \quad (2.2)$$

Estas duas componentes, como se observa nas fórmulas enunciadas, são uma constante no primeiro ano e função do IPC⁵⁸, assim como de um parâmetro específico X, para os subsequentes anos do período. Estes parâmetros X estão associados às reduções propostas pelos distribuidores vinculados para os anos 2000 e 2001, tal como previsto no RT.

Com base na utilização de modelos econométricos, foi possível ao regulador estimar diversos parâmetros associados aos proveitos e indicados nas fórmulas anteriores, para os anos 1999, 2000 e 2001⁵⁹.

A componente de ajustamento Δ^C , a existir, será apenas em 2001 se os proveitos resultantes da aplicação das tarifas de URD em 1999 conduzirem a um lucro dado pela formula do n.º 4

⁵⁸ Índice de Preços ao Consumidor

⁵⁹ Este estudo está publicado em 'Tarifas e Preços para a energia eléctrica e outros serviços a partir de 1 de Janeiro de 1999', ERSE, Dez. 1998 (pp. 90-102).

do artigo 36 do RT , superiores aos limites definidos no n.º 5 do mesmo artigo. Nestes casos haverá lugar à aplicação de taxas de partilhas em função do escalão de lucros atingido.

Assim, as tarifas de URD devem proporcionar um montante de proveitos correspondente à adição das três parcelas seguintes: remuneração relativa à energia em trânsito nas linhas; prémio de remuneração associado às perdas técnicas; proveitos permitidos para a recuperação dos custos incorridos na protecção do ambiente.

A Tarifa de Venda a Clientes Finais, de acordo com o estabelecido no n.º 1 do artigo 37º do RT, define o montante de proveitos que estas tarifas devem proporcionar ao conjunto dos distribuidores vinculados.

As principais componentes da fórmula são: F^C a parcela fixa dos proveitos da comercialização, as componentes variáveis P_{NC}^C , o nível de proveitos por cliente final e P_E^C o nível de proveitos por unidade de energia eléctrica entregue. As fórmulas aplicadas são idênticas às anteriormente apresentadas para a fixação dos proveitos na TURD (i.e., ajustadas de acordo com IPC menos um parâmetro X). Os parâmetros X, factores de evolução diferencial, são definidos pela entidade reguladora.

Outras componentes a considerar nas Tarifas de Venda a Clientes Finais são: R_{DSM} , os proveitos autorizados para a aplicação em projectos de gestão da procura e a parcela de ajustamentos, Δ^C . A componente de custos \tilde{C}^C , foi calculada repercutindo as tarifas anteriores e as quantidades de energia eléctrica esperadas.

Assim, as tarifas de Venda a Clientes Finais foram calculadas para que os preços reflectam um montante de proveitos dado pelas seguintes parcelas: cobertura dos custos a montante, a remuneração da actividade de comercialização e os proveitos permitidos para aplicação em projectos DSM⁶⁰.

Para este primeiro período (1999/2001), não foi realizada reestruturação das tarifas a aplicar aos clientes finais, por parte da ERSE.

⁶⁰ Demand Side Management (Gestão da Procura)

O quadro seguinte apresenta a decomposição do preço médio de Venda a Clientes Finais em esc./kWh e a preços correntes para os anos de 1998 a 2001⁶¹. Convém aqui realçar que, tal como no passado, apesar de agora se encontrar contabilisticamente separada, a actividade de comercialização continua na responsabilidade das empresas distribuidoras.

Tabela 4: Decomposição do Preço.

Tarifas	1998	1999	2000	2001
Energia e Potência (TEP)	9,2	9,48	9,71	9,53
Uso Global do Sistema (TUGS)	0,67	0,65	0,63	0,63
Uso da Rede de Transporte (TURT)	0,88	0,82	0,8	0,78
TEP+TUGS+TURT	10,75	10,95	11,14	10,94
Uso da Rede de Distribuição (TURD)	6,49	5,63	5,42	5,24
Parcela Livre	0,22	0,17	0,16	0,18
Comercialização	2,04	1,51	1,5	1,5
Venda a Clientes Finais	19,5	18,26	18,22	17,86
Venda a Clientes Finais-(TEP+TUGS+TURT)	8,75	7,31	7,08	6,92
taxa de evolução anual		-16,46%	-3,15%	-2,26%
IPC		2,00%	2,00%	2,00%
X (IPC-taxa de crescimento)		18,46%	5,15%	4,26%

Fonte: 'Tarifas e Preços para a energia eléctrica e outros serviços a partir de 1 de Janeiro de 1999', ERSE, Dez. 1998

Sabendo que a metodologia de regulação tarifária adoptada pela ERSE não foi uma regulação directa de preços, é curioso que o mercado, as empresas e os clientes assim a tenham entendido. Senão, atente-se nas reacções dos intervenientes, em tudo idênticas ao observado nos sistemas de regulação directa de preços. O fenómeno pode ser em parte explicado pelo incontornável problema de '*set-up*' do mecanismo. A dimensão deste problema no caso de uma regulação directa de preços é limitada à definição do valor do parâmetro X⁶².

No caso português a questão apresentava-se mais complexa, o problema de '*set-up*' estava muito diluído na definição dos pressupostos do estudo.

⁶¹ Estes valores poderão ser alterados pela ERSE, já em 1999 ou até ao final do período.

⁶² No caso do R.U., quando da definição dos parâmetros para o primeiro período, estes foram determinados exógenamente pelo regulador.

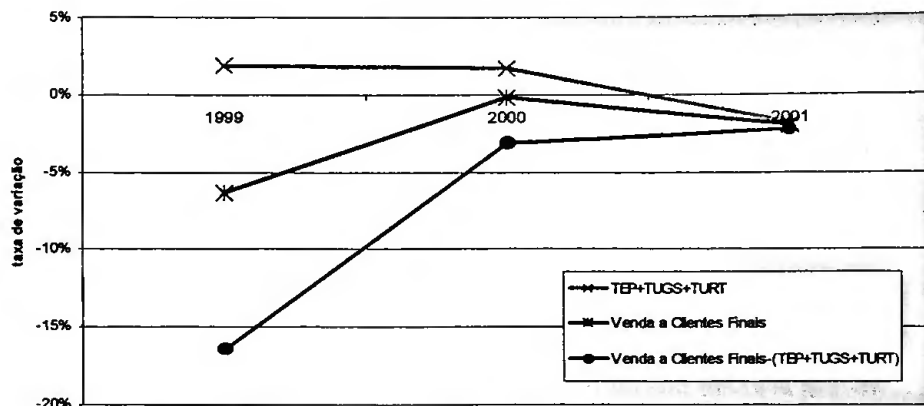


Figura 6: Evolução das tarifas no período 1999-2001.

Da análise dos valores apresentados na Tabela 4 vamos realizar um raciocínio como se de um caso de regulação directa de preços com uma filosofia de “*productivity-related regulation*” se tratasse. Foi considerado um valor de IPC igual a 2% para os anos do período e calcularam-se os valores de X.

Podemos assim constatar que o ajuste inicial (*set-up*), proposto pela ERSE, foi realizado à custa das tarifas a aplicar às empresas concessionárias da Distribuição. O valor evidenciado para o primeiro ano é, pois, uma barreira inultrapassável pelas empresas, em termos de ganhos de produtividade. Para os anos subsequentes temos então ajustes diferenciais na ordem dos 5% e 4% ano, o qual as empresas devem tentar cobrir com ganhos de produtividade superiores.

Temos que procurar medir a evolução da produtividade num passado recente na actividade de Distribuição de Energia Eléctrica e determinar um parâmetro endógeno à actividade por forma a podermos comparar com os valores X, agora calculados. O parâmetro escolhido para este efeito foi o TFP (total factor productivity).

3. EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

3.1. UMA INCURSÃO NA TEORIA DA EFICIÊNCIA

Introdução

A moderna teoria da eficiência teve início com o trabalho realizado por Farrell (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”⁶³. Esta investigação foi o marco de partida para posteriores desenvolvimentos teóricos, realizados na sua maioria por investigadores da escola nórdica e anglo-saxónica.

No seu trabalho pioneiro, Farrell propunha a decomposição da eficiência em duas componentes: a eficiência técnica (*technical efficiency*) e a eficiência preço (*allocative efficiency*). Sendo que, a primeira traduz a capacidade da empresa para maximizar a sua produção, com um determinado conjunto de factores produtivos, a segunda consiste na capacidade para otimizar os seus factores produtivos em função dos preços respectivos. Estas duas medidas são mutuamente exclusivas e combinadas resultam na medida da eficiência económica (*economic efficiency*).

As premissas assumidas correspondem às condições óptimas de produção no longo prazo (*i.e.*, rendimentos constantes à escala, o nível de produção não diminui quando aumentamos a quantidade de um dos factores de produção, *strong disposability*).

Estas medidas de eficiência podem ser abordadas consoante a lógica escolhida, isto é, as medidas podem ser avaliadas na óptica dos factores⁶⁴ (*inputs*), ou na lógica complementar, a da produção⁶⁵ (*outputs*).

Analisemos primeiro na lógica de uma orientação para os factores produtivos, com recurso a um exemplo gráfico (ver Figura 7). O exemplo apresentado utiliza dois *inputs* (X_1 , X_2) e um único *output* (Y), tendo como premissa rendimentos constantes à escala (CRS). A isoquanta eficiente, e admitindo que esta é conhecida, é representada pela linha SS' . Na prática esta

⁶³ Publicado no *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957.

⁶⁴ No presente texto, os factores produtivos serão designados simplesmente como factores ou utilizando a designação de “*inputs*”.

⁶⁵ Os produtos serão também designados como “*outputs*”.

isoquanta não é conhecida, mas pode ser estimada como veremos adiante⁶⁶. Se a unidade produtiva (DMU- *Decision Management Unit*) for tecnicamente eficiente, o seu ponto óptimo de funcionamento encontra-se algures na linha SS'.

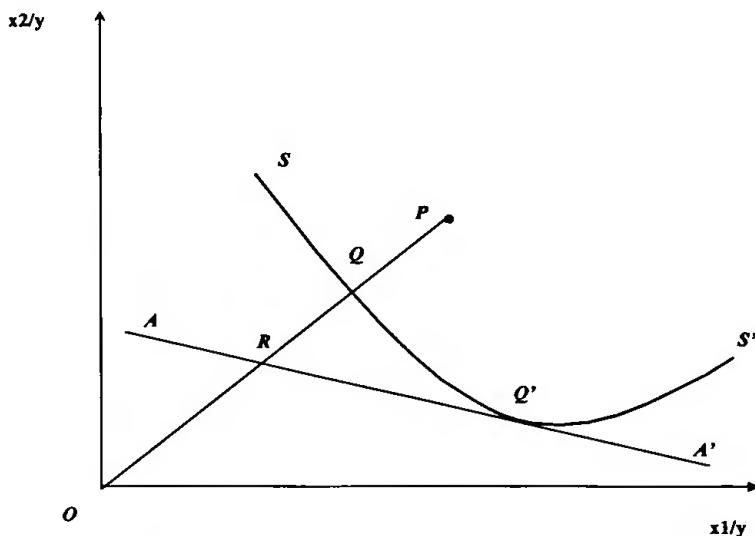


Figura 7: Eficiência Técnica e Preço.

Fonte: Coelli T., (1996), A Guide do DEAP Version 2.1, CEPA Working Paper 96/08, pp. 4.

A ineficiência técnica da DMU, representada em P, é dada pela distância de P à linha SS'. A ineficiência técnica QP fornece o valor pelo qual todos os factores podiam ser proporcionalmente reduzidos, sem reduzir a produção.

A eficiência técnica (ET) é definida pela seguinte razão:

$$ET_i = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \quad (3.1)$$

e assume valores no intervalo [0;1]; se o valor for 1, a DMU encontra-se a produzir na isoquanta eficiente. Esta é a medida fundamental utilizada para aferir o nível de ineficiência de uma determinada DMU.

A linha indicada por AA' é a linha isocusto. A eficiência preço (EA) desta DMU, a operar em P, é dada pela razão:

⁶⁶ A fronteira pode ser estimada utilizando diversos métodos, os mais utilizados são os métodos estocásticos e os

$$EA_i = \frac{OR}{OQ} = 1 - \frac{RQ}{OQ} \quad (3.2)$$

A distância RQ traduz a redução potencial nos custos de produção, se a DMU produzir no ponto Q', de afectação eficiente dos recursos, ao invés do ponto Q de eficiência técnica.

A medida da eficiência económica (EE) é definida pela seguinte razão :

$$EE_i = \frac{OR}{OP} = 1 - \frac{RP}{OP} \quad (3.3)$$

O segmento RP traduz uma redução potencial de custos para a DMU. Observe-se agora, como ET e EA, são mutuamente exclusivas e definem a eficiência económica EE, dada por:

$$ET_i * EA_i = \frac{OQ}{OP} * \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} = EE_i$$

Os valores para os três parâmetros de eficiência assumem-se dentro do intervalo [0;1].

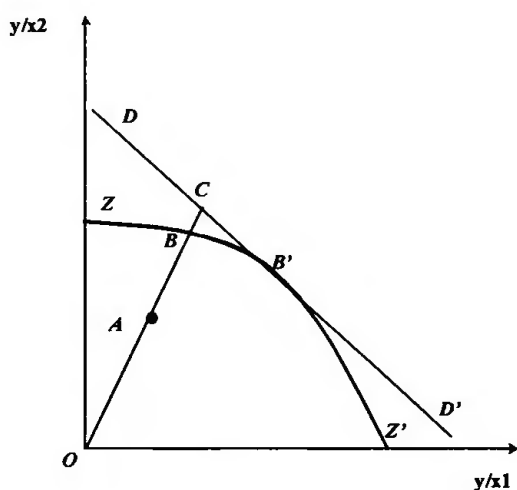


Figura 8: Eficiência Técnica e Preço.

Fonte: Coelli T., (1996), A Guide do DEAP Version 2.1, CEPA Working Paper 96/08, pp. 7.

Se o raciocínio for agora orientado para a resposta à questão “qual é a produção potencial com a mesma quantidade de factores observados”, estamos então a raciocinar para as medidas de eficiência na lógica da produção (*outputs*).

determinísticos (no qual se inclui o DEA).

A medida da eficiência técnica, quando na presença de rendimentos constantes à escala CRS, coincide, independentemente do raciocínio ser feito na lógica dos factores ou da produção. Quando se observam rendimentos variáveis à escala (VRS), o mesmo já não se verifica, independentemente de os rendimentos serem crescentes ou decrescentes.

Um exemplo idêntico, mas na lógica inversa, a da produção, está representado na Figura 8, onde novamente são assumidos rendimentos constantes à escala.

As curvas que representam a isoquanta eficiente e a linha isocusto estão representadas por ZZ' e DD' , respectivamente.

O segmento AB , distância do ponto de produção A , à linha da isoquanta representa a ineficiência técnica, e traduz agora o acréscimo potencial de produção, sem haver necessidade de um aumento dos factores,

$$ET_o = \frac{OA}{OB} = 1 - \frac{AB}{OB} \quad (3.4)$$

Sendo a eficiência preço (EA) dada por,

$$EA_o = \frac{OB}{OC} = 1 - \frac{BC}{OC} \quad (3.5)$$

temos que ,

$$EE_o = \frac{OA}{OC} = \frac{OA}{OB} * \frac{OB}{OC} = ET_o * EA_o \quad (3.6)$$

EE , ET e EA têm valores contidos no intervalo $[0;1]$.

Resumindo, foram aqui discriminadas seis medidas de eficiência, três relativas aos factores produtivos (*input oriented*) e três relativas aos produtos (*output oriented*) $EE_i, ET_i, EA_i, EE_o, ET_o, EA_o$, respectivamente.

3.1.1. Produtividade, Eficiência e Mudança Tecnológica

Neste capítulo são abordados os principais conceitos teóricos necessários para a estimação da produtividade. Alguns dos métodos utilizados são fruto de recentes desenvolvimentos, nomeadamente os que utilizam modelos não paramétricos, os quais permitem aplicações computacionais, que muito facilitam a tarefa de cálculo.

Esta abordagem não tenciona ser exaustiva, mas somente enquadrar o posterior trabalho empírico.

Na já extensa literatura sobre produtividade coexistem diferentes abordagens na determinação das medidas de eficiência. No entanto, a que interessa aqui salientar é somente a que utiliza os modelos não paramétricos. A lógica da metodologia utilizada é, também, justificada pela utilização frequente em organismos reguladores⁶⁷ de metodologias análogas, os quais apresentam como principal preocupação a avaliação da produtividade das empresas reguladas. As medidas de produtividade são apresentadas interligadas com as medidas de eficiência, medidas como o “Factor Total de Produtividade” que relacionam os dois conceitos num único indicador. Vamos, procurar clarificar as interligações existentes entre produtividade, eficiência e mudança tecnológica, quando temos diferentes pressupostos de análise.

Grosskopf (1993, pp.160) definiu produtividade como “*as the net change in output due to change in efficiency and technical change*”, i.e., a conjugação das alterações sofridas na produção, função de alterações de eficiência e resultantes das mudanças tecnológicas.

Em consequência, a produtividade pode ser decomposta em duas componentes diferentes, mudança tecnológica e mudança na eficiência. De início, duas abordagens distintas podem ser feitas para as medidas de produtividade, uma inclui o recurso à fronteira tecnológica e portanto é possível incorporar o conceito de eficiência, a outra, a que não utiliza esta abordagem de fronteira tecnológica, negligência a eficiência.

Neste trabalho vai ser dado especial relevo à primeira abordagem, a qual tem tido desenvolvimentos significativos em trabalhos muito recentes.

Diversos trabalhos posteriores a Farrell, (Caves, 1982) e (Färe, 1985, 1990, 1994), trouxeram ao tema desenvolvimentos que possibilitaram o uso de meios informáticos para se proceder ao cálculo automático (cálculo de diferentes índices de produtividade, nomeadamente os índices de Malmquist), através da utilização de técnicas de programação linear. Este tipo de índice permite a decomposição das mudanças de produtividade, em tecnológicas e de eficiência, de acordo com a anterior definição.

Para uma visão, que se pretende simples mas abrangente da presente temática, é uma referência o seminal trabalho de Grosskopf (1993), o qual suporta esta revisão da literatura.

As medidas de produtividade são normalmente utilizadas para uma avaliação da produtividade em diferentes períodos temporais, pelo que, interessa a análise da respectiva taxa de crescimento. A avaliação das relações entre os *outputs* e *inputs* em diferentes períodos é necessária. Uma medida utilizada para medir estas relações é o TFP (*total factor productivity*), o qual se traduz no rácio de uma medida de *outputs* pelos respectivos *inputs* no mesmo período temporal. Temos assim, uma generalização do índice unifactor produtivo,

⁶⁷ NVE Entidade reguladora Norueguesa para o Sector Eléctrico

PF (partial factor productivity). No cerne do cálculo da medida do TFP, está a metodologia adoptada para a determinação dos ponderadores utilizados para combinação de *inputs* e *outputs*.

Vejam, para distintos períodos, t e $t+1$, os respectivos *inputs* e *outputs* são expressos nos seguintes pares de valores (y', y'^{t+1}) e (x', x'^{t+1}) .

O conjunto de produção S contém todos os pares ordenados (x, y) possíveis, para um determinado período t ou $t+1$.

$$S^t = \{(x', y') : x' \text{ pode produzir } y'\} \quad (3.7)$$

$$S^{t+1} = \{(x'^{t+1}, y'^{t+1}) : x'^{t+1} \text{ pode produzir } y'^{t+1}\} \quad (3.8)$$

A tecnologia eficiente pode assim ser definida como aquela que, para uma determinada função produção (3.9) num determinado período t com um *input* x' , maximiza o *output* y' .

$$y' = \max \{\bar{y} : (x', \bar{y}) \in S^t\} \quad (3.9)$$

Admite-se a não alteração da estrutura tecnológica $f(x)$, bem como, uma mudança tecnológica neutra (*i.e.*, independente dos *inputs*, Hicks, 1932), se o rácio do produto marginal for constante para diferentes combinações de *inputs*.

$$\begin{aligned} y' &= A(t)f(x') \\ y'^{t+1} &= A(t+1)f(x'^{t+1}) \end{aligned} \quad (3.10)$$

Define-se assim (TFP) para um período t , como:

$$TFP(t) = \frac{y'}{f(x')} = A(t) \quad (3.11)$$

em que $f(x)$ é a estrutura tecnológica, sendo esta inalterável no tempo. A alteração da função produção é traduzida pelo parâmetro A . A taxa de crescimento do índice TPF entre t e $t+1$ é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{TFP(t+1)}{TFP(t)} = \frac{\frac{y^{t+1}}{f(x^{t+1})}}{\frac{y^t}{f(x^t)}} = \frac{y^{t+1} / y^t}{f(x^{t+1}) / f(x^t)} = \frac{A(t+1)}{A(t)} \quad (3.12)$$

no caso particular, de simultaneamente os *outputs* e *inputs* serem escalares,

$$\begin{aligned} y^t &= A(t)x^t \\ y^{t+1} &= A(t+1)x^{t+1} \end{aligned} \quad (3.13)$$

temos que :

$$\frac{TFP(t+1)}{TFP(t)} = \frac{\frac{y^{t+1}}{x^{t+1}}}{\frac{y^t}{x^t}} \quad (3.14)$$

Dois exemplos simples, mas ilustrativos da assunção ou não, de uma produção tecnologicamente eficiente, são apresentados em seguida. No primeiro, a produção é considerada tecnologicamente eficiente, já no segundo, o conceito de ineficiência é incluído.

Temos que, no segundo caso, o produto potencial é superior ao produto real.

Considere-se para o efeito, que existe somente um *output* e um único *input* com uma tecnologia de rendimento constante à escala.

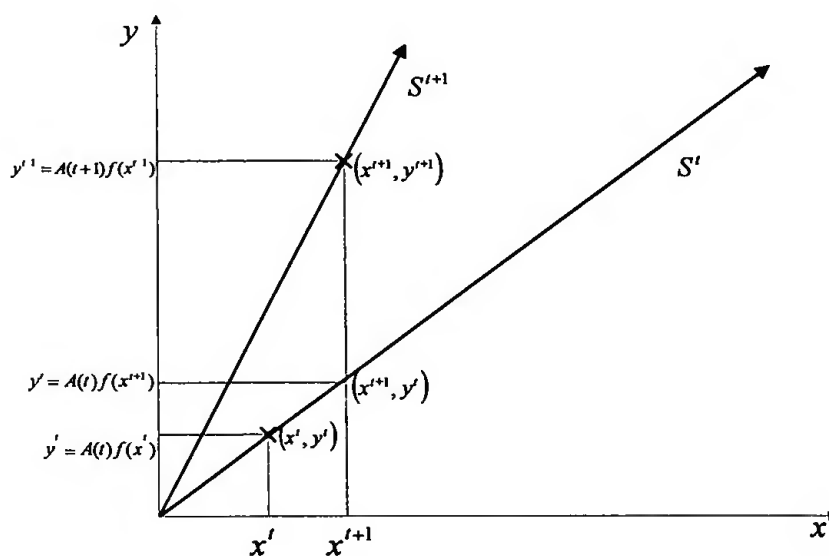


Figura 9: Crescimento da produtividade: produção técnica eficiente.

Fonte: Grosskopf S.(1993), Efficiency and Productivity, in: Harold Fried, C. A. Knox Lovell, Shelton S. Schmidt (ed.), *The Measurement of Productivity Efficiency – Techniques and Applications*, Oxford: Oxford University Press, pp. 164.

Para duas observações temporais distintas (x', y') e (x^{t+1}, y^{t+1}) e situadas nas respectivas rectas S' e S^{t+1} (i.e., se a produção for considerada tecnicamente eficiente), ver Figura 9. A média da produtividade para os períodos t e $t+1$ é dada por $A(t)$ e $A(t+1)$ respectivamente e igual ao declive da recta que representa a fronteira tecnológica. Temos assim que, a taxa de crescimento da produtividade é igual à razão dos declives das rectas S' e S^{t+1} .

Neste caso particular, o crescimento da produtividade e a mudança tecnológica são conceitos idênticos, em virtude de a produção se situar na fronteira tecnológica.

O aumento da produtividade é dado pela expressão seguinte⁶⁸:

$$\frac{A(t+1) - A(t)}{A(t)} = \frac{y^{t+1} - y'}{y'} - \frac{f(x^{t+1}) - f(x')}{f(x')} \quad (3.15)$$

na qual, o primeiro termo traduz a taxa de variação dos *outputs* e o segundo o dos *inputs*.

“A taxa de crescimento da produtividade total é a diferença da taxa de crescimento do produto real pela taxa de crescimento dos factores produtivos” (Jorgensen, 1987).

A reter, quando a produção é considerada tecnicamente eficiente, crescimento da produtividade e mudança tecnológica são sinónimos.

Se os pressupostos excluírem a possibilidade de a DMU se encontrar a operar na fronteira tecnologicamente eficiente, para diferentes períodos t e $t+1$, temos que:

$$\begin{aligned} y' &< A(t)f(x') \\ y^{t+1} &< A(t+1)f(x^{t+1}) \end{aligned} \quad (3.16) \text{ e } (3.17)$$

Neste caso particular, para podermos medir a produtividade, independentemente da ineficiência técnica, há que corrigir as observações para a fronteira tecnológica, de acordo com o ilustrado na Figura 10.

⁶⁸ Válida se considerados pequenos acréscimos.

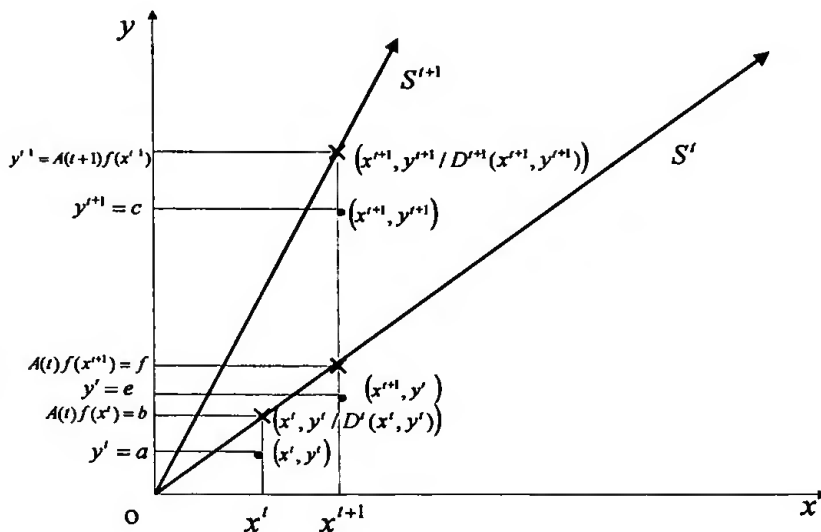


Figura 10: Crescimento da produtividade na presença de ineficiência técnica.

Fonte: Grosskopf S.(1993), Efficiency and Productivity, in: Harold Fried, C. A. Knox Lovell, Shelton S. Schmidt (ed.), *The Measurement of Productivity Efficiency – Techniques and Applications*, Oxford: Oxford University Press, pp. 165.

A função que explicita a relação distância é definida como:

$$D'_o(x^t, y^t) = \min\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^t\} \quad (3.18)$$

em que θ é um escalar.

Sendo que, esta função, quando na presença de ineficiência, assume um valor inferior a 1,

$$D'_o(x^t, y^t) < 1.$$

Na lógica da produção, esta função é igual à razão do output observado pelo potencial. No caso notável, de o *output* observado ser igual ao potencial (como considerado no exemplo anterior) a função tem o valor de 1, o que revela a inexistência de ineficiência.

$$D'_o(x^t, y^t) = \min\{\theta : y^t / \theta \leq A(t)f(x^t)\} = \frac{y^t}{A(t)f(x^t)} \quad (3.19)$$

O mesmo se aplica para o período $t+1$:

$$D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{A(t+1)f(x^{t+1})} \quad (3.20)$$

O produto potencial máximo para t e $t+1$ é dado pelas expressões seguintes:

$$\frac{y^t}{D'_o(x^t, y^t)} = A(t)f(x^t) \quad (3.21)$$

$$\frac{y^{t+1}}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} = A(t+1)f(x^{t+1}) \quad (3.22)$$

Recordando a definição de TFP, definida anteriormente em (3.11), temos agora:

$$TFP(t) = \frac{y^t}{f(x^t)} = A(t)D'_o(x^t, y^t) \quad (3.23)$$

A variação do crescimento do TFP pode agora ser desagregada em duas componentes distintas, uma que traduz as alterações na fronteira de produção e outra que respeita a alterações de eficiência. Observe-se a seguinte expressão⁶⁹:

$$\frac{TFP(t+1)}{TFP(t)} = \frac{y^{t+1} / f(x^{t+1})}{y^t / f(x^t)} = \frac{A(t+1)D'_o(x^{t+1}, y^{t+1})}{A(t)D'_o(x^t, y^t)} = \frac{A(t+1) / A(t)}{D'_o(x^{t+1}, y^{t+1}) / D'_o(x^t, y^t)} \quad (3.24)$$

O numerador em (3.24) representa a primeira componente, a variação do declive das fronteiras entre t e $t+1$. O denominador é a razão das respectivas distâncias relativas (*i.e.*, se o produto observado se aproximou do produto potencial de t para $t+1$) traduz assim, a alteração da eficiência técnica.

Substituindo $A(t+1)$ e $A(t)$ pelas equações (3.21) e (3.22) a expressão da mudança tecnológica em percentagem fica agora função de dois conceitos distintos, e explicitados na formula, o crescimento da produtividade e as alterações ao nível da eficiência.

$$\frac{A(t+1) - A(t)}{A(t)} = \frac{y^{t+1} - y^t}{y^t} - \frac{f(x^{t+1}) - f(x^t)}{f(x^t)} - \frac{D'_o(x^{t+1}, y^{t+1}) - D'_o(x^t, y^t)}{D'_o(x^t, y^t)} \quad (3.25)$$

A reter, alterações tecnológicas e de produtividade são portanto conceitos distintos, quando na presença de ineficiência.

Citando de novo Grosskopf (1993, pp. 169), e para resumirmos, “*in a world in which inefficiency exists, total factor productivity growth is defined as the net effect of changes in efficiency and shifts in production frontier, the latter being technical change.*”

⁶⁹ Idêntico ao Índice de Malmquist (abordado no capítulo seguinte), quando explicitado em termos de produtos.

3.1.2. Índices de Malmquist

Para se proceder ao cálculo do crescimento da produtividade num determinado período, e quando na presença de ineficiência, o índice de *Malmquist* pode ser um instrumento adequado ao efeito (Caves, 1982). No entanto, não foi esta a razão que promoveu a criação deste índice. Foi no contexto de análise do consumo, que Malmquist criou a noção de '*proportional scaling*', quantidades necessárias em $t+1$, que permitam ao consumidor o mesmo grau de satisfação do ano t (Malmquist, 1953). Caves desenvolveu o conceito de um índice inicialmente de quantidade, e adaptou-o como um índice de produtividade. O indicador inicial mudou de contexto e passou a ser considerado no plano da produção.

No âmbito da produção, os índices de Malmquist são usados para construir diversos índices, de *input*, *output* ou produtividade. Estes índices consideram os respectivos rácios de distâncias das medidas de *input* ou *output*.

Os índices de Malmquist apresentam algumas qualidades apreciáveis, que passamos a enunciar;

Tabela 5: Cinco qualidades relativas aos Índices de Malmquist.

1. São independentes das unidades utilizadas. Não requerem valores em unidades monetárias, o que é extremamente útil, quando na presença de variáveis em que a sua tradução financeira é extremamente difícil senão mesmo impossível.
2. Não é necessário a definição de uma premissa, como seja, a minimização dos custos ou a maximização do lucro. Esta característica é particularmente útil quando os objectivos das unidades observadas diferem, não são conhecidos ou possíveis de avaliar.
3. São extremamente fáceis de programar, utilizando o cálculo matemático, como foi demonstrado por Färe, Grosskopf, (1985).
4. A possibilidade de ser decomposto em diversas componentes que captam conceitos complementares de produtividade.

O índice de Malmquist para manter a coerência com o anteriormente exposto, vai ser definido numa lógica de produtos.

Temos que, para cada período $t = 1, \dots, T$, o conjunto de produção definido por S^t , o qual representa a transformação dos factores produtivos $x^t \in \mathfrak{R}_+^N$ nos produtos $y^t \in \mathfrak{R}_+^N$ e S^t é suficientemente regular para que seja possível explicitar as funções D , (Färe, 1998):

$$D'_o(x^t, y^t) = \min\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^t\} \quad (3.26)$$

Esta função em que θ é um escalar, é inferior a 1, $D'_o(x^t, y^t) < 1$ se houver ineficiência e $(x^t, y^t) \in S^t$.

Para que este índice possa ser explicitado é necessário construir as respectivas funções distância. As funções permitem avaliar a distância de cada observação temporal relativamente à fronteira respectiva (t e/ou $t+1$). É igualmente possível que resultem para estas funções, valores superiores à unidade, significando isto que, uma determinada observação é impraticável relativamente à tecnologia de referência.

As funções $D'_o(x^t, y^t)$ e $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, como vimos anteriormente, são iguais ao rácio do produto observado no período t ou $t+1$, pelo produto potencial com a tecnologia de referência em t ou $t+1$, respectivamente. Para se calcular o índice de Malmquist é necessário determinar a função distância para as observações em $t+1$, relativamente à fronteira em t :

$$D'_o(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min\{\theta : (x^{t+1}, y^{t+1} / \theta) \in S^t\} \quad (3.27)$$

e o inverso, as observações em t , relativamente à tecnologia de referência em $t+1$:

$$D_o^{t+1}(x^t, y^t) = \min\{\theta : (x^t, y^t / \theta) \in S^{t+1}\} \quad (3.28)$$

O índice relativamente à tecnologia em t é expresso como:

$$M'_o = \frac{D'_o(x^{t+1}, y^{t+1})}{D'_o(x^t, y^t)} \quad (3.29)$$

e para $t+1$:

$$M_o^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (3.30)$$

A medida do índice é determinada pela média geométrica dos índices anteriores (Färe, Grosskopf, 1990), como definido na equação (3.31).

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D'_o(x^{t+1}, y^{t+1})}{D'_o(x^t, y^t)} \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (3.31)$$

Agrupando este indicador de uma outra forma, é possível realçar duas componentes com significados distintos.

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (3.32)$$

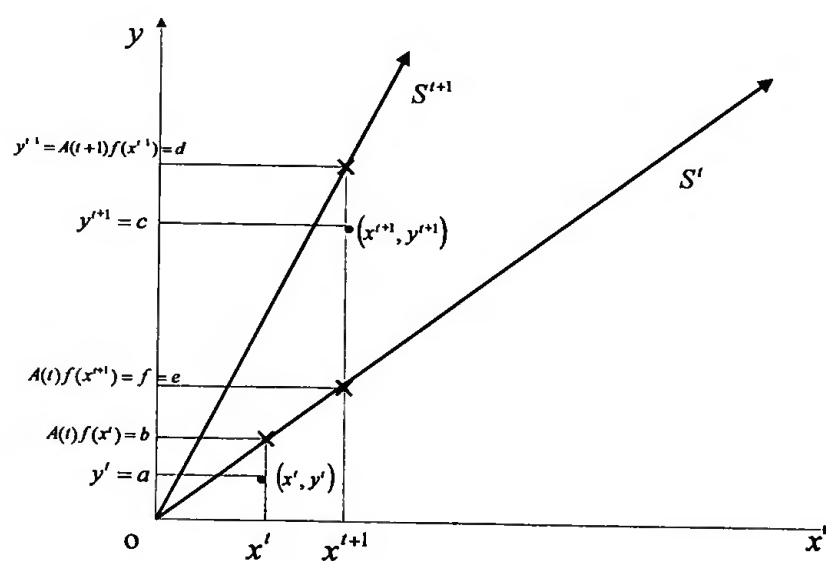
O termo fora de parêntesis traduz a variação na medida da eficiência técnica de Farrell, de acordo com o anteriormente explicitado,

$$MC^{70} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}$$

e o termo dentro de parêntesis é uma média geométrica da variação da tecnologia, medida em termos dos factores produtivos 'inputs'.

$$MF^{71} = \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

Figura 11

Na , é agora possível calcular o valor para o índice de Malmquist,

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{Oc \cdot Ob}{Od \cdot Oa} \left[\frac{Od \cdot Oe}{Of \cdot OB} \right]^{1/2} \quad (3.33)$$

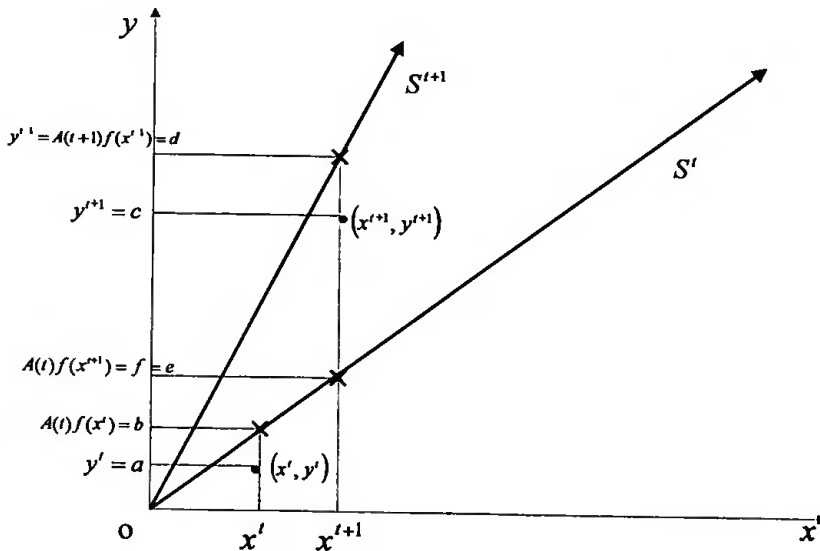


Figura 11 : Componentes do índice de Malmquist.

⁷⁰ Efficiency change também denominado por 'Catching up effect'

⁷¹ Technical change também denominado por 'Frontier Technology shift'

3.2. A METODOLOGIA DEA

3.2.1. Introdução

Na literatura dedicada às medidas de eficiência técnica e produtividade os métodos determinísticos e não paramétricos têm tido uma atenção muito particular nas últimas duas décadas. Os trabalhos de Färe, Grosskopf e Lovell (de 1978 a 1998) procuraram desenvolver abordagens no sentido de se proceder à medida da eficiência técnica⁷², utilizando uma medida radial, pelo que, são unanimemente considerados trabalhos de referência no uso de metodologias não paramétricas.

O pioneiro trabalho de Farrell teve sequência em Charnes, Cooper e Rhodes (1978) na construção do conjunto de produção através de métodos de programação linear. A medida da eficiência técnica, inicialmente definida para tecnologias de rendimentos constantes à escala, foi posteriormente decomposta em componentes mutuamente exclusivas e alterada a premissa da tecnologia para rendimentos variáveis à escala.

A filosofia do método DEA (*Data Envelopment Analysis*) será aqui abordada de uma forma sumária, bem como a sua formulação matemática. O método DEA consiste em, primeiro, identificar as unidades de produção que usam menos recursos para satisfazer as suas necessidades (construção da fronteira com segmentos lineares, ver figura) e, segundo, comparar os resultados individuais com aqueles que apresentam uma melhor *performance* (equivale a um *benchmarking* das medidas de eficiência).

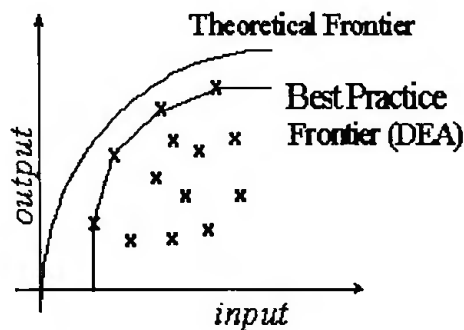


Figura 12: Fronteira DEA bidimensional.

⁷² Calculando a proporção de uma redução possível nos *inputs* mantendo a unidade produtiva a operar no conjunto de produção definido por Farrell.

Este método usado no cálculo da eficiência técnica permite avaliar o nível de utilização dos factores de produção relativamente às melhores práticas, ou, na lógica oposta, estimar qual o valor da produção potencial sem aumentar os recursos produtivos (*i.e.*, caracterização das ineficiências).

O relativo sucesso deste método deve-se ao facto dos cálculos matemáticos necessários serem possíveis de realizar com o simples recurso a aplicações de cálculo automático, o que torna a forma de cálculo bastante expedita.

As vantagens apontadas na generalidade da literatura, e aqui mencionadas, são uma forte justificação para a opção metodológica (ver Tabela 6).

Tabela 6: Vantagens do *Data Envelopment Analysis*.

Quatro vantagens do DEA

1. Capacidade de analisar sectores com uma natureza multidimensional
 2. Não requer definição prévia da função produção
 3. Podem ser utilizados *inputs* e *outputs* de natureza financeira e/ou física
 4. Apresenta uma boa qualidade de resultados, (função do tamanho da amostra).
-

Sem procurar justificar individualmente as vantagens descritas, acrescentamos duas considerações adicionais, que julgamos pertinentes no âmbito deste trabalho:

Primeiro, a conjugação destas vantagens *per se*, parece ser um forte argumento para a aplicação da metodologia ao sector da Distribuição de Energia Eléctrica. Segundo, a principal atracção pela metodologia não paramétrica é a sua flexibilidade, o facto de não utilizar parâmetros, que rapidamente esgotam os graus de liberdade em sectores com elevada dimensionalidade. A actividade de Distribuição de Energia Eléctrica apresenta uma complexidade produtiva que justifica ser caracterizado como tendo uma elevada dimensionalidade. Quanto aos factores produtivos a questão é óbvia, em virtude da especificidade produtiva do sector (níveis de tensão, regimes de exploração); relativamente aos produtos estes podem ser avaliados de acordo com vários critérios (volume, '*load profile*', dispersão). Terceiro, quanto à qualidade dos resultados, esta é sempre dependente do tamanho da amostra considerada para análise, *i.e.* a qualidade dos resultados é directamente proporcional ao tamanho da amostra. Esta última está demonstrada por Zhang e Bartels (1998), num estudo realizado para a Distribuição de Energia Eléctrica, utilizando empresas de três países, Nova Zelândia, Austrália e Suécia .

Estas considerações permitem concluir que é extremamente difícil explicitar a função produção apropriada para a Distribuição de Energia Eléctrica. Acresce ainda, que alguns dos factores produtivos não têm uma tradução financeira absolutamente linear⁷³. Por ora, esta dificuldade não será dissecada.

O método gera um valor de eficiência para cada unidade relativamente a uma tecnologia de referência, sendo esta fronteira eficiente constituída pelas unidades eficientes.

O método DEA requer alguns cuidados particulares na sua aplicação, nomeadamente na inclusão de todas as potenciais variáveis relevantes para uma análise de produção (Kittelsen, 1998). Relativamente a este ponto, atente-se na Tabela 7.

Tabela 7 : Pontos críticos do método DEA.

Três pontos críticos do método

1. O método inclui na fronteira eficiente todas as unidades produtivas que possuem valores extremos⁷⁴ (i.e., valores de *inputs* extremamente baixos ou *outputs* extremamente elevados) o que pode não destruir o valor médio da eficiência observado, mas algumas medidas de eficiência unitárias.
 2. Em comum com os métodos paramétricos, as variáveis com um coeficiente de correlação muito elevado não aumentam o poder explicativo do modelo, mas podem implicar uma grave distorção nas razões de transformação e substituição na fronteira.
 3. A inclusão de um número elevado de variáveis nos modelos pode piorar a qualidade das medidas estimadas, tomando os modelos numa amálgama de variáveis ininteligível.
-

3.2.2. Formulação Matemática

Exemplo de cálculo do Índice de Malmquist

Com a finalidade de se proceder ao cálculo da eficiência técnica, observe-se a formulação matemática necessária para este efeito. Assim, de acordo com a notação anteriormente utilizada (Grosskopf, 1993) temos:

$k = 1, \dots, K'$ observações relativas a diferentes unidades produtivas, que usam, $n = 1, \dots, N$ factores produtivos (*inputs*) $x_n^{k,t}$, para cada período $t = 1, \dots, T$. Estes *inputs* são usados para produzir $m = 1, \dots, M$, produtos (*outputs*), $y_m^{k,t}$.

⁷³ Ver elaboração dos modelos de produção.

As premissas consideradas nesta formulação são a utilização de uma tecnologia com rendimento constante à escala e a ausência de sobreutilização de factores. Assim, o conjunto de produção tecnologicamente possível é definido por:

$$\begin{aligned}
 S^t = \{ & (x^t, y^t) : y_m^t \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m = 1, \dots, M, \\
 & \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^t, n = 1, \dots, N, \\
 & z^{k,t} \geq 0, k = 1, \dots, K \}
 \end{aligned} \tag{3.34}$$

onde, $z^{k,t}$ são denominadas as variáveis de intensidade, que traduzem para cada DMU a respectiva intensidade produtiva através da expansão ou da redução dos valores observados. Depois de explicitado o conjunto de produção, há que realizar o cálculo da medida de eficiência técnica. Veja-se agora, a formulação necessária para o cálculo do índice de Malmquist, onde é necessário obter quatro medidas equivalentes às medidas de eficiência técnica de Farrell⁷⁵. Os quatro problemas de programação linear⁷⁶ são:

$$[D_o^t(x^{k,t}, y^{k,t})]^{-1} = \max \theta$$

sujeito a:

$$\begin{aligned}
 \theta y_m^{k,t} & \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m = 1, \dots, M, \\
 \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} & \leq x_n^{k,t}, n = 1, \dots, N, \\
 z^{k,t} & \geq 0, k = 1, \dots, K
 \end{aligned} \tag{3.35}$$

a segunda equação é semelhante à primeira, mas substituindo t por $t+1$,

$$[D_o^{t+1}(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})] = \max \theta$$

As outras equações são também medidas de eficiência técnica, mas comparam observações de um período com a fronteira tecnológica obtida num outro período⁷⁷, temos assim as equações:

⁷⁴ Este problema pode ser evitado, incluindo uma equação linear para a minimização dos *stacks*, solução utilizada no *software* adoptado DEAP 2.1 (Coelli, 1996)

⁷⁵ Orientada para os produtos, para estar de acordo com a lógica da exposição anterior.

⁷⁶ Idênticos à formulação do método DEA.

⁷⁷ Se $(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ não pertencer a S^t implica que a função D, possa assumir valores superiores a 1.

$$[D_o'(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})]^{-1} = \max \theta \quad (3.36)$$

sujeito a:

$$\theta y_m^{k,t+1} \leq \sum_{K=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m = 1, \dots, M,$$

$$\sum_{K=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^{k,t+1}, n = 1, \dots, N,$$

$$z^{k,t} \geq 0, k = 1, \dots, K$$

Por último, idêntica à anterior mas substituindo t por $t+1$ na fronteira e $t+1$ por t nas observações, tem-se:

$$[D_o^{t+1}(x^{k,t}, y^{k,t})] = \max \theta \quad (3.37)$$

Determina-se o valor do índice de Malmquist substituindo os valores das respectivas funções distância na equação do índice (3.31).

A formulação com VRS (rendimentos variáveis à escala)

Atente-se agora, na formulação matemática quando são admitidos rendimentos variáveis à escala (VRS). A alteração da premissa para VRS exige somente que seja adicionada a restrição $NI'z = 1$, em que NI é um vector de 1.

O facto de ser adicionada esta restrição implica que a nova superfície envolvente, que contém as unidades eficientes, tenha uma forma convexa (intercepção de diversos planos) mais ajustada do que a forma cónica, da obtida com rendimentos constantes à escala. Tal implica obviamente, uma aproximação das unidades à nova superfície, aumentando os *scores* das medidas de eficiência. A reter, as medidas de eficiência obtidas com a rendimentos variáveis à escala são iguais ou superiores às obtidas com rendimentos constantes à escala.

O problema é equacionado da seguinte forma:

$$\max \theta$$

sujeito a:

$$\begin{aligned}
\theta y_m^{k,t} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m = 1, \dots, M, \\
\sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} &\leq x_n^{k,t}, n = 1, \dots, N, \\
N1' z^{k,t} &= 1 \\
z^{k,t} &\geq 0, k = 1, \dots, K
\end{aligned}
\tag{3.38}$$

Formulação na lógica dos factores produtivos (*input oriented*)

Até agora raciocinámos sempre na lógica dos produtos *output oriented*, vamos agora ver como fica a formulação matemática numa lógica de factores produtivos *input oriented*, admitindo VRS. O problema de optimização é similar, mas o objectivo é agora a minimização;

min θ

sujeito a;

$$\begin{aligned}
y_m^{k,t} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m = 1, \dots, M, \\
\sum_{k=1}^K z^{k,t} x_n^{k,t} &\leq \theta x_n^{k,t}, n = 1, \dots, N, \\
N1' z^{k,t} &= 1 \\
z^{k,t} &\geq 0, k = 1, \dots, K
\end{aligned}
\tag{3.39}$$

Para a realização do estudo apresentado no corpo prático deste trabalho foi considerada uma formulação em termos de factores produtivos.

3.2.3. Software

Existem alguns programas comerciais desenvolvidos para o cálculo das medidas de eficiência e de produtividade, nomeadamente: Frontist e alguns académicos como o Warwick e o DEAP [A Data Envelopment Analysis (computer) Program] Version 2.1, este último foi o *software* utilizado neste trabalho.

Este *software* foi desenvolvido por Tim Coelli (1996) (Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Economics, University of New England, Australia), e tem como documento de suporte, CEPA Working Paper 96/08.

4. REVISÃO DA LITERATURA DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE APLICADA AOS SISTEMAS ELÉTRICOS

A Distribuição de Energia Eléctrica é um sector de natureza multidimensional. A definição de uma função produção para a Distribuição de Energia Eléctrica tem obrigatoriamente que considerar a presença de um número significativo de factores e produtos específicos da actividade.

A popularidade atribuída aos métodos não paramétricos teve também o seu reflexo neste sector. A Distribuição de Energia Eléctrica foi alvo de alguns trabalhos recentemente realizados. Este tipo de métodos consegue resultados superiores nos casos particulares em que aos métodos paramétricos faltam graus de liberdade. No entanto, o método tem as suas limitações, a título de exemplo: a existência de coliniaridade de variáveis, bem como o facto de poderem ser integradas algumas variáveis irrelevantes. As medidas de eficiência obtidas não são gravemente afectadas, mas os rácios de transformação são alterados, como são igualmente consideradas eficientes, algumas das observações extremas.

4.1. A CADEIA INDUSTRIAL DA ENERGIA ELÉTRICA (PRODUÇÃO, TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO)

Vamos promover neste capítulo uma visão dos principais conceitos ligados às etapas correspondentes à cadeia industrial da energia eléctrica, deixando de fora a utilização. Esta introdução é fundamental para que na avaliação dos modelos de produção apresentados se compreendam as opções em termos de variáveis.

Para que se alimente em condições técnicas e económicas adequadas os consumidores de energia eléctrica é necessário estabelecer sistemas físicos complexos, desde os centros de produção até aos utilizadores, são estes designados por sistemas eléctricos de energia.

A primeira etapa é a Produção de energia eléctrica, a qual corresponde à transformação de uma qualquer outra forma de energia em energia eléctrica. As centrais eléctricas são os locais onde a energia mecânica comunicada por máquinas primárias aos geradores é convertida em energia eléctrica.

Nas centrais eléctricas existem habitualmente vários grupos geradores para evitar a concentração de toda a potência da central num único grupo. Nos sistemas eléctricos de energia existem diferentes níveis de tensão ao longo das respectivas etapas, por imperativos

de natureza económica, técnica e de segurança. Na produção de energia eléctrica a tensão de produção situa-se entre os 5 kV e os 18 kV (maioritariamente 10 kV e 15 kV).

O Transporte de Energia Eléctrica é realizado a distâncias consideráveis e envolve potências elevadas, pelo que, para um elevado rendimento na transmissão são necessários níveis de tensão mais elevados do que aqueles utilizados na produção, que conduziriam a perdas elevadas⁷⁸.

O nível de tensão é definido de acordo com um critério económico, o ponto óptimo é o ponto de equilíbrio do binómio; energia a transmitir - distância a vencer. A escolha recai sobre um conjunto de tensões normalizadas, em Portugal são: 150, 220 e 400 kV. A etapa de Transporte inicia-se a partir das subestações elevadoras de tensão adstritas aos centros electroprodutores, e processa-se através de linhas eléctricas, em diferentes configurações e tipos variáveis de acordo com as características do Transporte de Energia a realizar.

O Transporte tem início nas subestações dos centros electroprodutores e desenvolve-se até à proximidade dos centros urbanos ou industriais. Nestes pontos existe a necessidade de se proceder à redução da tensão do Transporte para a tensão inferior, ou de Distribuição. A fronteira entre o Transporte e a Distribuição não é claramente definida. A etapa da Distribuição, normalmente, inicia-se logo após a redução do nível de tensão que ocorre nas subestações abaixadoras, estas subestações podem alimentar outras subestações que procedem à redução para um novo escalão intermédio, ou postos de transformação os quais procedem à redução para o nível de tensão dos receptores. As redes de Distribuição de Energia Eléctrica pode ser realizada ao nível da Média Tensão, (60, 30, 15, 10 e 6) kV ou da Baixa Tensão, (380/220)V.

Normalmente o nível de tensão da utilização é a baixa tensão (380/220)V, o nível do cliente doméstico e de serviços, mas há também os grandes consumidores industriais que são consumidores ao nível da AT e MT⁷⁹.

A opção tarifária é função dos elevados consumos e do facto dos consumidores terem a necessidade de alimentarem equipamentos especiais⁸⁰, a tensões superiores.

⁷⁸ É preciso não esquecer que o custo das infra-estruturas físicas (linhas), cresce muito rapidamente com o aumento da tensão, isoladores, aparelhagem de manobra, pelo que se impõe sempre um estudo económico para a determinação do nível de tensão óptimo.

⁷⁹ Estes preferem ser facturados a níveis superiores de tensão, e responsabilizarem-se pelas infraestruturas de distribuição dentro das suas instalações, nomeadamente subestações, postos de corte e seccionamento e postos de transformação e cabos.

⁸⁰ Motores MT, altos-fornos, processos electroquímicos, etc.

Em Portugal as principais actividades a considerar na Distribuição de Energia Eléctrica, são:

1. de natureza comercial: atendimento, leitura, facturação e cobrança;
2. de natureza técnica: ligação de clientes, planeamento, projecto, construção e manutenção de redes, exploração e condução de redes.

As infraestruturas básicas da Distribuição são as subestações abaixadoras (60/15 kV) (60/30 kV) dotadas com aparelhagem de corte protecção e transformação (transformadores), as linhas aéreas e os cabos subterrâneos de MT, os postos de corte e seccionamento, os postos de transformação, as linhas aéreas e subterrâneas de BT e por último as equipas de contagem da energia (BT e MT).

4.2. INTRODUÇÃO AOS ESTUDOS DE PRODUTIVIDADE NO SE, COM RECURSO AO MÉTODO DEA

O corpo teórico desta dissertação ficaria incompleto se não fosse revista a literatura dedicada à eficiência e produtividade no Sector Eléctrico com recurso ao método DEA. Estando consciente que existem muitos trabalhos, que por desconhecimento ou menor relevância não serão aqui referidos, proponho-me rever alguns trabalhos realizados nesta década. Por um critério de racionalidade, os trabalhos revisitados são dois relativos à Produção e Transporte de Energia Eléctrica, e os restantes relativos à Distribuição.

Os contextos sectoriais da actividade de Distribuição na Europa são distintos e absolutamente heterogéneos, pelo que, as conclusões ou ilações, só com muitas reservas poderão ser extrapoladas para diferentes universos. As especificidades dos diferentes países europeus resultam dos distintos regimes de propriedade, da concentração industrial existente, dos níveis de competitividade, etc.

Entenda-se que esta abordagem comparativa tem uma utilidade teórico-práctica na formulação de uma melhor metodologia de estudo.

Na persecução deste objectivo há que comparar os trabalhos quanto a objectivos e metodologias, ao invés das conclusões.

4.3. OBJECTIVOS E MODELOS DE PRODUÇÃO

Quanto aos objectivos, somente mencionaremos os relativos à Distribuição de Energia Eléctrica. Os objectivos ou questões científicas que orientaram estes estudos são diversos, mas têm em comum as questões de eficiência e produtividade na Distribuição de Energia Eléctrica. Uns, procuraram somente avaliar a eficiência e a respectiva caracterização das ineficiências, outros a evolução da produtividade para um determinado período, outros ainda utilizaram estas metodologias na procura de resposta para questões relativas à regulação económica e à propriedade industrial.

No que se refere a metodologias adoptadas há a mencionar o recurso comum a métodos não paramétricos, nomeadamente o DEA.

Para a elaboração de estudos de produtividade é fundamental a construção de modelos de produção, modelos multi-variável, com vários *outputs* e vários *inputs*, que procuram caracterizar o sistema produtivo. “Os factores produtivos e os respectivos produtos devem ser desagregados até que todas as idiosincrasias elementares do sistema estejam representadas” (Miliotis, 1992). Este exercício de desagregação é bastante complexo na actividade de Distribuição de Energia Eléctrica, em função da extrema diversidade de factores e produtos presentes no sistema.

Esta dificuldade na escolha das variáveis é também abordada por Pollitt (1995), “*For the remaining functions of the ESI the key problem is the distinction, between inputs, outputs and environmental variables ... In principle it is easy to say what variables are important in each of these functions, the problem is one of assignment. In practice most of these variables have some of the characteristics of inputs, outputs and environmental variables*”.

À dificuldade da selecção das variáveis relevantes para um modelo de produção no caso dos SE, acresce que, quando na presença de um universo de estudo limitado (amostras pequenas), uma elevada desagregação implica a perda de poder explicativo do modelo. Este tema foi estudado por Zhang e Bartels (1998) e Kittelsen (1996) para o caso específico da Distribuição. Kittelsen propõe um método para contornar estas dificuldades, mas só é fiável no caso de amostras superiores a 100 unidades (este estudo será posteriormente analisado). Esta é também uma dificuldade presente no desenvolvimento empírico do estudo apresentado no corpo prático da dissertação.

Por último, a dificuldade relativa à limitação de informação. O grau de desagregação adequado à especificidade da actividade produtiva, bem como a diversidade de critérios de mensurabilidade, contrasta por vezes com a informação disponível e são impeditivos de uma superior elaboração dos modelos de produção.

Os modelos escolhidos pelos diferentes autores são mais um reflexo de contingências de informação do que diferentes entendimentos de quais as variáveis explicativas necessárias⁸¹.

Dentro do Sector Eléctrico, nem só a Distribuição de Energia Eléctrica foi alvo de estudos de produtividade com recurso ao DEA. Existem outros trabalhos realizados no âmbito da Produção e Transporte de Energia Eléctrica. São aqui considerados dois desses trabalhos para exemplo de modelos de produção das diferentes actividades de um Sistema Eléctrico. Servem estes modelos para fornecer uma visão sistémica e integrada da globalidade do Sistema Eléctrico.

4.3.1. Produção

O modelo apresentado por Färe, Grosskopf, (1985) e incluído num estudo de produtividade para 19 centrais térmicas, no Estado de Illinois, contém somente quatro variáveis.

Tabela 8: Modelo Färe, Grosskopf, (1985).

Inputs	Outputs
L1-Número de trabalhadores	Y1-Energia Produzida (GWh)
K1-Combustível (u.m.)	
K2-Capital (u.m.)	

A limitada aplicação desta metodologia às actividades dos SE, que não a Distribuição, têm algumas justificações. No caso da Produção é uma actividade em que a performance produtiva é significativamente influenciada pela tecnologia utilizada, facto este, que determina a utilização do método somente em análises comparativas na presença de tecnologias idênticas. Das três actividades do Sector Eléctrico (Produção, Transporte e Distribuição) a primeira é a que demonstra uma menor complexidade de factores. Sobre o modelo, dos três *inputs* incluídos, aquele que condiciona em maior grau o nível de custos da actividade é o combustível, e relativamente aos *outputs* os autores optaram somente pela

⁸¹ Salvaguardo a excepção, o trabalho de Førsund e Kittelsen, 1998.

energia produzida⁸². Também Pollitt (1995) no seu estudo deixa transparecer a ideia de não ser necessário um modelo complexo no estudo da Produção de electricidade.

4.3.2. Transporte

A actividade de Transporte de Energia Eléctrica difere no fundamental da actividade de Distribuição, nomeadamente nos seguintes aspectos técnicos:

- i) os níveis de tensão utilizados são superiores, podendo ir em Portugal⁸³ dos 150 kV aos 400 kV. Os níveis de tensão superiores são ditados por condicionalismos técnico-económicos (ex: quedas de tensão, perdas). A utilização de tensões elevadas condiciona a dimensão dos equipamentos e as infra-estruturas eléctricas necessárias.
- ii) As infra-estruturas eléctricas fundamentais na actividade de Transporte são as subestações (elevadoras e abaixadoras de tensão), os postes (MAT e AT) e as linhas.
- iii) A configuração das redes é essencialmente malhada com reserva (N-1) de transformadores e linhas.

Pollitt tem uma análise pioneira de estudos de produtividade, aplicados aos SE. Foi o primeiro estudo publicado, aplicado a empresas de Transporte de Energia Eléctrica. O estudo incorpora empresas de diferentes países⁸⁴, pois é extremamente difícil elaborar um estudo num âmbito estritamente nacional. A dificuldade reside em encontrar uma amostra significativa e com empresas homogéneas. As especificidades das empresas de Transporte são diversas, quer ao nível das suas actividades empresariais nucleares, quer ao nível das variáveis técnico-económicas que marginam essas mesmas actividades.

O estudo propõe o seguinte modelo de produção para o Transporte:

Tabela 9: Modelo Pollitt, (1995).

Inputs	Outputs
L1-Número de trabalhadores	Y1- Energia Vendida (GWh)
K1-Linhas (km) x Tensão (kV)	Y2- Potência Máxima (GW)
K2-Perdas (GWh)	Y3- Comprimento das linhas (km)

⁸² É possível considerar outros outputs, como seja os relativos à qualidade técnica ou ambiental.

⁸³ Os níveis de tensão não estão normalizados no espaço europeu.

⁸⁴ A amostra incluía 95 empresas.

Relativamente a este modelo, L1 e K2 são variáveis consensuais, captando o trabalho e o capital (K2-relativo a perdas), respectivamente. Já K1 carece de uma explicação adicional, esta variável tenciona captar o capital relativo a infra-estruturas associadas ao sistema de transporte, aglutinando tudo numa só variável. Diz-nos o autor, que esta variável foi proposta por se entender como aceitável a aproximação à capacidade do sistema, evitando o recurso a mais variáveis (comprimentos de linhas por nível de tensão e a potência instalada em subestações).

Para os *outputs*, Pollitt procurou incluir variáveis que traduzissem i) o volume do *output*, ii) as características da energia ‘*load profile*’ e iii) a dispersão do sistema. Na opinião de Pollitt as variáveis Y2 e Y3 são bastante insatisfatórias para os objectivos pretendidos, em virtude da especificidade da actividade, bem como das características de exploração mencionadas.

4.3.3. Distribuição

Suécia

O primeiro estudo DEA a ser aplicado ao sector da Distribuição de Energia Eléctrica (Hjalmarson, Veiderpass, 1992) tornou-se um marco no campo dos estudos empíricos de produtividade. Este trabalho propunha estabelecer comparações da taxa de crescimento da produtividade para empresas com diferentes condicionantes geográficas (rurais e urbanas) e diferentes regimes de propriedade.

O modelo escolhido por Hjalmarson e Veiderpass assume, do lado dos *inputs*, uma variável relativa ao factor trabalho e três de capital, discriminadas pelas principais infra-estruturas da Distribuição e traduzidas em unidades físicas (ver Tabela 10).

Tabela 10: Modelo Hjalmarson, Veiderpass, (1992).

Inputs	Outputs
L1-horas trabalhadas (h)	Y1-Clientes BT
K1-Linhas BT (km)	Y2-Clientes AT e MT
K2-Linhas AT e MT (km)	Y3-Energia vendida BT (MWh)
K3-Potência instalada (MVA)	Y4-Energia vendida (MWh)

Os clientes e a energia vendida, como produtos fundamentais a considerar para a avaliação da *performance* produtiva, são considerados no lado dos *outputs*. Na lógica adoptada para os

inputs também os *outputs* são desagregados por nível de tensão. No caso da desagregação por nível de tensão é possível considerar unidades físicas, ao invés das financeiras. A contabilização dos activos técnicos é por vezes um processo bastante complexo, como será explicado no próximo capítulo do trabalho.

Grécia

Um outro trabalho contemporâneo do anterior (Milliotis, 1992) foi realizado num contexto económico distinto, o universo empresarial utilizado pelo autor é semelhante ao português. O autor estuda 45 unidades de Distribuição da empresa grega, Greek Public Power Corporation, PPC, para as quais procura avaliar o nível de eficiência, função de algumas condicionantes geográficas. Os parâmetros obtidos foram posteriormente comparados com tradicionais indicadores de produtividade, vulgarmente utilizados na aferição da performance produtiva. Este é o único trabalho realizado num contexto de um monopólio absoluto por parte de uma empresa, com um grau zero de liberalização, no Sector Eléctrico.

Milliotis reuniu um conjunto de oito factores determinantes na actividade, e aqui enunciados:

Tabela 11: Factores considerados por Milliotis

Factores	
Q1	Rede (km)
Q2	Potência instalada (MVA)
Q3	Encargos (unid. monetárias)
Q4	Trabalho Administrativo (horas)
Q5	Trabalho Técnico (horas)
Q6	Nº de consumidores
Q7	Energia vendida (GWh)
Q8	Área servida (km ²)

Estes oito factores foram posteriormente agrupados de acordo com as diferentes naturezas: Q1 e Q2 são do âmbito das infra-estruturas; Q3 os encargos⁸⁵; Q4 e Q5 congregam o factor trabalho com uma discriminação muito relativa⁸⁶; Q6 e Q7 são normalmente associados aos produtos, sendo que, embora somente o segundo possa ser financeiramente traduzido, no

⁸⁵ O autor não especifica qual a natureza dos encargos, podem ser encargos com a energia, fornecimento de serviços externos, massa salarial ou outros.

⁸⁶ Trabalho administrativo e técnico.

entanto o primeiro é determinante nos custos da actividade (Berrie, 1983); e por último, Q8 a variável ambiental determinante⁸⁷.

Milliotis construiu três modelos com as variáveis mencionadas, captando cada modelo diferentes idiossincrasias da actividade.

Tabela 12: Modelo 1 Milliotis, (1992).

Inputs	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5
Outputs	Q6, Q7

Neste primeiro modelo (ver Tabela 12), a intenção é captar a eficiência global da empresa, pelo que, todos os recursos necessários para o desenvolvimento da actividade são vistos como *inputs*, sendo a energia e os clientes considerados como os produtos dessa mesma actividade.

Tabela 13: Modelo 2 Milliotis, (1992).

Inputs	Q3, Q4, Q5
Outputs	Q1, Q2, Q6, Q7

O segundo modelo (ver Tabela 13), procura captar a eficiência do factor trabalho. Os outputs são as infra-estruturas, os clientes e a energia. Relativamente aos *inputs* é questionável a opção pelos encargos. Se os encargos forem somente os da massa salarial podem estar muito correlacionados com as horas trabalhadas. Não sendo o caso, o modelo não traduz somente a eficiência do factor trabalho.

O Modelo3, aquele que nos merece mais apreço, é em tudo semelhante ao primeiro, mas acresce a variável correspondente à área servida. A razão da preferência por este ultimo modelo, dos três elaborados por Milliotis, deve-se ao facto de sabermos⁸⁸ que a inclusão desta variável aumenta o poder explicativo do modelo.

⁸⁷ A área servida pode ter duas interpretações distintas, a área geográfica (administrativa) da unidade de rede ou a área coberta pelas infra-estruturas eléctricas.

⁸⁸ Ver Berrie (1983) e Kittelsen (1998), onde é demonstrado a importância da inclusão de uma variável geográfica.

Reino Unido

A reforma ocorrida no Reino Unido é a que tem merecido maior atenção pelo seu carácter mais radical, de corte com o passado, razão fundamental para incluir como bibliografia de base um dos trabalhos elaborados no âmbito do CRI (Centre of Study of Regulated Industries) por Burns e Weyman-Jones (1996), que teve por objectivo avaliar a performance produtiva, para o período compreendido entre 1971 e 1993.

São colocadas seis questões nucleares às quais o trabalho procura responder, a saber:

Qual a taxa de crescimento da produtividade para cada uma das empresas estudadas?

Qual o nível de ineficiência?

Os indicadores anteriores crescem após a privatização?

Quais os custos determinantes na Distribuição?

Beneficiam as empresas de economias de escala?

Quais as implicações da determinação do parâmetro X? (RPI-X *price control*)

Um universo mais abrangente é estudado no trabalho realizado por (Pollitt, 1995). Neste estudo são incluídas na amostra empresas de diferentes países e mesmo de diferentes continentes. A questão fundamental a avaliar é a interdependência das temáticas da propriedade e da eficiência nos SE. O autor testa a hipótese nula, “a eficiência é independente da propriedade industrial”, e confirma que a mesma não pode ser rejeitada, a favor da hipótese de que “as empresas privadas são mais eficientes que as empresas públicas”.

Estes dois trabalhos são apresentados em simultâneo, por utilizarem modelos de produção semelhantes, sendo a autoria atribuída a Burns e Weyman-Jones (1992), (ver Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 14: Modelo Burns e Weyman-Jones, (1992).

Inputs	Outputs
L1-Nº de trabalhadores	Y1- Energia usos domésticos (MWh)
K1-Linhas (km)	Y2- Energia p/ comércio e serviços (MWh)
K2- Potência instalada (MVA)	Y3-Energia p/ usos industriais (MWh)
	Y4- Clientes
	Y5-Potência Máxima (MW)

Estes modelos não distinguem as infra-estruturas consideradas como factores produtivos, por nível de tensão. Do lado dos *outputs* a novidade recai sobre a utilização do valor da potência máxima registada, um dos factores determinantes nos custos⁸⁹ das infra-estruturas físicas (ver modelo para o Transporte). A desagregação da energia é feita por diferentes tipologias de cliente, ao invés dos normais escalões de tensão, sendo portanto um critério de natureza comercial e não técnico.

Também nestes dois estudos os autores ressaltam a limitação na informação existente como condicionante do modelo adoptado. O modelo proposto por Pollitt é assim muito semelhante ao de Burns e Weyman-Jones, só diferindo na inclusão da área servida, (ver Tabela 15).

Tabela 15: Modelo Pollitt, (1995).

Inputs	Outputs
L1-Nº de trabalhadores	Y1- Energia usos domésticos (MWh)
K1-Linhas (km)	Y2- Energia outros usos(MWh)
K2- Potência instalada (MVA)	Y3-Área servida (km2)
	Y4- Clientes
	Y5-Potência Máxima (MW)

Os modelos até agora apresentados, foram construídos sem uma forte justificação teórica ou empírica, que demonstre à evidência a máxima relevância das variáveis escolhidas. De acordo com uma análise de “bom senso”, os modelos apresentados não oferecem campo para críticas significativas. Tendo ainda em consideração que os autores se justificam com dificuldades relativas à limitação da informação, bem como a não desagregação das variáveis explicativas (por vezes a informação é coligida de acordo com critérios empresariais e não uniformes para as amostras estudadas), acrescem estas às dificuldades já anteriormente mencionadas.

Noruega

Um outro país europeu, no qual o Sector Eléctrico apresenta uma enorme dispersão empresarial com diferentes regimes de propriedade, é a Noruega.

Em “Productivity development of Norwegian electricity distribution utilities” (Førsund, Kittelsen, 1998) é analisada a evolução da produtividade das empresas de Distribuição Norueguesas para o período compreendido entre 1983 e 1989, num total de 150 empresas.

⁸⁹ Condiciona os investimentos em novas infra-estruturas eléctricas e manutenção das existentes.

Adicionalmente, a produtividade é decomposta nas suas principais componentes (MC e MF), e em virtude do tamanho da amostra propuseram-se ainda avaliar a influência dos ‘outliers’ nos resultados obtidos.

Este trabalho de Førsund e Kittelsen (1998) é o mais recente dos estudos aqui apresentados e propõe um modelo teoricamente mais robusto. É elaborado com recurso a um algoritmo do tipo ‘stepwise’ apresentado por Kittelsen (1993) em “*Stepwise DEA; Choosing variables for measuring technical efficiency in Norwegian electricity distribution*”⁹⁰. No primeiro trabalho, o modelo é apresentado sem a demonstração da sua elaboração, somente no anterior trabalho de Kittelsen (1993) podemos estudar os procedimentos metodológicos da sua construção.

É sobre este trabalho, fundamental para a construção de modelos de produção da Distribuição de Energia Eléctrica, que vai agora incidir esta revisão.

Kittelsen seleccionou um conjunto de variáveis elementares para um modelo de produção, as quais entendeu como fundamentais para a constituição de um bom modelo explicativo. Aqui reside uma apreciação de carácter subjectivo, pois nenhuma delas foi testada. No entanto, estas cinco variáveis merecem fraca contestação e a sua utilização é comum a outros modelos sectoriais.

As cinco variáveis⁹¹ chave incluídas no modelo são as apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16: Modelo Base.

Cod.	Variável
P234	Energia vendida (GWh)
I1	Horas trabalhadas
I2	Perdas (GWh)
I34	Capital (u.m.)
I5	Bens e serviços (u.m.)

⁹⁰ No Memorandum N° 6/93 do Department of Economics, University of Oslo (documento apresentado na 16ª Conferência Anual da International Association for Energy Economics).

⁹¹ I - factores produtivos (*inputs*), P - Produtos (*outputs*), R - variáveis ambientais

seleccionou cinco variáveis potenciais:

Tabela 17: Variáveis potenciais.

Cod.	Variável
R1	Índice geográfico
R2	Índice de corrosão
R3	Índice climático
P1	Potência máxima (GW)
P5	Nº de consumidores

e por último, um conjunto de variáveis desagregadas:

Tabela 18: Variáveis desagregadas.

Cod.	Variável
P2	Energia p/ grandes consumidores (GWh)
P34	Energia p/ outros usos e restante industria (GWh)
P23	Energia p/ usos industriais (GWh)
P4	Energia p/ outros usos (GWh)
I3	Transformadores (u.m.)
I4	Linhas (u.m.)

O propósito deste estudo pode ser sumariado como, utilizar testes estatísticos para medir o nível de significância das alterações às medidas de eficiência técnica, quando as variáveis são desagregadas ou quando são introduzidas novas variáveis. Era, objectivo primeiro dos autores que este algoritmo do tipo 'stepwise' constituísse uma preciosa ajuda à decisão, na selecção das variáveis.

Kittelsen recorda Färe e Priemont (1987), estes investigadores demonstraram que se um determinado *input* incluído num modelo é uma agregação de *inputs* de um segundo modelo, a medida da eficiência técnica do segundo (variáveis desagregadas) será superior à obtida com o primeiro (variáveis agregadas). Esta demonstração corresponde ao princípio que decorre dos problemas de optimização, 'um mínimo óptimo para uma variável não pode ser inferior sempre que uma nova restrição é adicionada'. A inclusão de uma nova variável significa adicionar uma nova restrição na equação (3.39).

É, pois óbvio concluir que, a medida da eficiência técnica (E_1) de um modelo ao qual é acrescentado uma variável é superior ou igual à obtida sem essa mesma variável (E_0). Assim, temos que:

$$E_0 \leq E_1 \leq 1$$

Para a triagem das variáveis significativas, Kittelsen testou a seguinte hipótese:

$$H_0 \therefore E_0 = E_1, \quad H_1 \therefore E_0 < E_1 \quad (\text{para os níveis de significância de 1\% e 5\%})$$

Os testes escolhidos pelo autor, três estatísticos e um não paramétrico, não vão ser alvo de explicação⁹², pelo que somente os enuncio. No entanto o autor, atenta na seguinte questão, para amostras inferiores a 100, nenhum dos referidos testes parece ser muito fiável.

A medida da eficiência técnica calculada pelo método DEA encontra-se no intervalo [0,1] e como normalmente a forma das distribuições unilaterais se encontram no intervalo [0, ∞], os testes são realizados com base no estimador do parâmetro da ineficiência γ e não da eficiência.

$$\hat{\gamma} = \left(\frac{1}{\hat{E}^i} - 1 \right) \quad (4.1)$$

Banker (1993) sugeriu testes estatísticos admitindo duas diferentes distribuições para o parâmetro γ , a distribuição alfanormal e a exponencial. A hipótese nula é testada para as médias de $\hat{\gamma}_0$ e $\hat{\gamma}_1$ recorrendo à estatística F (Fisher's). De acordo com a distribuição admitida, temos:

$$\text{(distribuição alfanormal)} \quad F^H = \frac{\left(\sum_{j=1}^{N_0} \hat{\gamma}_0^2 \right) / N_0}{\left(\sum_{i=1}^{N_1} \hat{\gamma}_1^2 \right) / N_1}, \nu_1 = N_0, \nu_2 = N_1 \quad (4.2)$$

em que N_0, N_1 são os graus de liberdade.

$$\text{(distribuição exponencial)} \quad F^E = \frac{\left(\sum_{j=1}^{N_0} \hat{\gamma}_0 \right) / N_0}{\left(\sum_{i=1}^{N_1} \hat{\gamma}_1 \right) / N_1}, \nu_1 = 2N_0, \nu_2 = 2N_1 \quad (4.3)$$

⁹² Para o efeito aconselha-se a leitura do trabalho de Kittelsen (1993), no qual são justificadas as opções e detalhadas as qualidades e limitações dos diferentes testes.

O terceiro teste utilizado por Kittelsen é também sugerido por Backer (nos casos em que não existem parâmetros para as distribuições das ineficiências). É um teste não paramétrico (Kolmogorov-Smirnov) para a igualdade de duas distribuições.

Os estimadores das distribuições acumuladas são $\hat{S}_0(E)$, $\hat{S}_1(E)$ e a estatística:

$$D^+ = \text{Max}\{\hat{S}_0(E) - \hat{S}_1(E)\} \quad (4.4)$$

a estatística D^+ é assintoticamente distribuída com uma probabilidade de rejeição dada por:

$$Pr\left(D^+ > \left[\frac{N_0 N_1}{N_0 + N_1}\right]^{-1/2} z\right) = e^{-2z^2}, z > 0 \quad (4.5)$$

o teste da hipótese é exclusivamente unilateral.

O último dos testes utilizados é o vulgar teste T para a comparação de médias, o qual dispensa a assunção da forma da distribuição da ineficiência.

$$T = \frac{\text{Mean}_1(\hat{E}^1_i) - \text{Mean}_0(\hat{E}^0_i)}{\sqrt{\frac{N^1 \text{VAR}(\hat{E}^1_i) + N^0 \text{VAR}(\hat{E}^0_i)}{N^1 + N^0 - 2} \left[\frac{1}{N^1} + \frac{1}{N^0}\right]}} \quad (4.6)$$

com $N^0 + N^1 - 2$ graus de liberdade.

O teste T vai ser posteriormente utilizado no corpo prático do trabalho, na selecção de variáveis para a elaboração de um modelo de produção para a Distribuição.

O algoritmo do tipo 'stepwise' para a determinação das variáveis relevantes desenvolve-se pelas seguintes etapas, (ver Tabela 19):

Tabela 19: 'Stepwise' de Kittelsen.

Étapas:

Elaborar um modelo com as variáveis que por razões teóricas ou empíricas são nucleares para o modelo (ver variáveis chave).

Calcular a eficiência com modelo base, para cada unidade.

Calcular a eficiência técnica para cada unidade adicionando ao modelo individualmente as unidades potenciais e as desagregadas.

Calcular F^H , F^E , D^+ , T , para cada candidata e posteriormente incluir no modelo a variável mais significativa.

Repetir de 2) até não existirem mais variáveis significativas.

Com este procedimento o autor elaborou o seguinte modelo:

Tabela 20: Modelo Kittelsen (1993).

Cod.	Variável
R1	Índice geográfico
P234	Energia saída (GWh)
P5	Número de consumidores
I1	Horas trabalhadas
I2	Perdas (GWh)
I34	Capital (u.m.)
I5	Bens e Serviços (u.m.)

Sendo que, a primeira variável a ser incluída foi P5 (número de consumidores) e posteriormente R1 (índice geográfico), o que demonstra a evidência a importância dos condicionamentos geográficos na actividade de Distribuição de Energia Eléctrica.

É importante ressaltar aqui a filosofia assumida por Kittelsen (1996, pp. 18) aquando da elaboração do seu modelo⁹³. Este seu raciocínio é explicitamente evidenciado nas suas palavras, *“Since the purpose of the analysis is to provide grounds for regulating EDUs⁹⁴, including a candidate whose significance is in doubt rather than to excluding it is detrimental to the electricity customers, but beneficial to the EDUs. ...If the interests of the EDUs are better organised than those of the consumers, there might well be reasons for choosing test and significance level to counterweight an inclination to blow up the model dimension”*.

⁹³ Trabalho realizado no âmbito de um acordo com a NVE (1996).

⁹⁴ Electricity Distribution Unit

(II) CORPO PRÁTICO

5. INTRODUÇÃO AO ESTUDO EMPÍRICO

O corpo prático desta dissertação consiste num estudo de eficiência e produtividade aplicado à actividade de Distribuição de Energia Eléctrica em Portugal Continental para a média e baixa tensão. Para este efeito, vamos utilizar um método econométrico [DEA - *Data Envelopment analysis*]⁹⁵, o método não paramétrico anteriormente exposto. A produtividade irá ser estimada por recurso aos índices de Malmquist.

Os principais objectivos do estudo são:

- i) selecção de um modelo de produção para a actividade de Distribuição em MT e BT;
- ii) determinação das taxa de crescimento da produtividade no período [1988; 1998];
- iii) caracterização da produtividade, pela análise das componentes MC e MF do índice de Malmquist.

O estudo está dividido em duas etapas distintas. Na primeira é caracterizado o universo de 30 Centros de Distribuição (CD) e são comentadas as opções tomadas na prévia selecção de variáveis. Posteriormente, com um procedimento semelhante ao utilizado por Kittelsen (1993) para a selecção de variáveis, vamos construir um modelo de produção. Na segunda etapa do corpo prático é realizado o estudo de produtividade com base numa amostra de 12 Centros de Distribuição para o período de [1988; 1999]. Este estudo será realizado com recurso ao modelo seleccionado na primeira etapa. Para efeitos comparativos com estudos análogos é também utilizado um modelo semelhante, o qual difere do seleccionado por incluir uma variável de natureza geográfica.

A actividade de Distribuição apresenta uma dimensão significativa no conjunto do Sector Eléctrico, razão pela qual se entendeu útil a apresentação de alguns dos principais indicadores económicos que traduzem a relevância económica da actividade⁹⁶.

Os indicadores são acriticamente apresentados no anexo I⁹⁷, não se entendeu necessário fazer comentários adicionais aos já elaborados no referido documento original⁹⁸.

⁹⁵ Ver capítulo I.3

⁹⁶ Os dados apresentados são relativos à distribuição de energia eléctrica em MAT, AT, MT e BT. A distribuição da energia em Muito Alta e Alta Tensão não era da responsabilidade dos Centros de Distribuição, mas sim das estruturas centrais das empresas distribuidoras.



Classificação da amostra e pressupostos de análise

A actividade de Distribuição de Energia Eléctrica é da responsabilidade de 4 empresas do Grupo EDP, (EN, CENEL, LTE, SLE), correspondendo a cada uma áreas geográficas distintas. Se no presente estudo fossem apenas consideradas na amostra as quatro empresas de Distribuição, a qualidade dos resultados seria muito fraca em função do número limitado de empresas. A solução a adoptar para a realização de um estudo com recurso ao DEA, tem obrigatoriamente que passar por uma outra amostra, com uma dimensão superior.

As quatro empresas implantadas no território nacional apresentam uma organização empresarial e práticas de gestão muito semelhantes, função da sua integração no mesmo grupo empresarial. Alguns modelos orgânicos têm já duas décadas e foram herdados das anteriores estruturas da empresa (Direcções Operacionais de âmbito regional). Os Centros de Distribuição foram as sub-estruturas de implantação regional adoptadas pela empresa EDP para as empresas de Distribuição.

Os CD tinham uma arquitectura idêntica a uma unidade empresarial, com estruturas no terreno detendo um elevado grau de independência técnica, às quais se adicionavam estruturas de natureza comercial e administrativa. As estruturas centrais das empresas concentravam os serviços de apoio e direcções, com áreas de intervenção limitadas (coordenação de projectos considerados estratégicos e responsabilidade da Distribuição em MAT e AT).

A Distribuição em MT e BT, nas suas diversas vertentes (comercial, gestão da rede e serviços), foi sempre da responsabilidade dos CD. No ano de 1992, com a finalização do processo de integração dos serviços municipalizados, a empresa estava organizada num total de 30 CD⁹⁹, em torno de três Direcções Operacionais. No ano de 1994 foram constituídas formalmente as quatro empresas de Distribuição, mantendo-se tal arquitectura inalterável até ao final do ano de 1998.

Tendo presente a relação directa entre o tamanho da amostra utilizada e a qualidade dos resultados num estudo de produtividade com recurso ao DEA, entendeu-se por bem adoptar os CD como as DMU do nosso estudo. Uma justificação para validar esta opção parece ser o facto de os CD absorverem quase na íntegra os recursos disponibilizados para investimento e manutenção da actividade de Distribuição, concentrarem a maioria dos recursos humanos e serem responsáveis pela quase totalidade dos proveitos. O remanescente (subestações

⁹⁷ Gráficos do anexo I: Figura 22: Repartição do preço do kW por actividade., Figura 23: Custos da actividade de Distribuição., Figura 24: Proveitos e custos operacionais na Distribuição., Figura 25: Custos e produtividade do factor Trabalho., Figura 26: Evolução do investimento na Distribuição..

⁹⁸ Tarifas e Preços para a Energia Eléctrica e outros serviços a partir de Janeiro de 1999., ERSE, Dez. 1998

AT/MT, linhas AT, bem como os proveitos relativos à Distribuição em AT) não foi considerado significativo de forma a comprometer os resultados do estudo. No entanto o presente estudo fica condicionado à actividade de Distribuição em MT e BT.

A informação utilizada teve como fontes diversos relatórios técnicos e financeiros das empresas distribuidoras, relativos ao período [1988, 1998].

Nesta primeira etapa são utilizados os 30 CD com dados correspondentes a um único período, o ano de 1998. As variáveis previamente escolhidas foram aquelas consideradas mais significativas para serem candidatas a um modelo de produção da actividade. Contudo, ressalva-se o facto de não termos incluído, todas as variáveis pretendidas, algumas utilizadas por Kittelsen, nomeadamente as perdas eléctricas e a variável que se julga correspondente aos Fornecimentos de Serviços Externos (manutenção e conservação dos activos técnicos). Relativamente à primeira, a mesma não foi considerada por se entender que os dados disponíveis eram pouco fiáveis, apresentando uma variância muito significativa para este tipo de variável¹⁰⁰. A inclusão das perdas poderia comprometer a qualidade dos resultados, o que motivou a sua exclusão. Quanto à segunda variável (os FSE), não nos foi possível apurar, mas aconselha-se a sua utilização em trabalhos posteriores para que seja testada a sua significância num modelo de produção.

A variável associada aos recursos humanos utilizada foi o número de trabalhadores e não a massa salarial, não devendo esta opção comprometer o modelo. Em virtude de razões de política empresarial anteriormente expostas, as duas variáveis devem apresentar um coeficiente de correlação elevado.

A variável horas trabalhadas, utilizada em alguns dos modelos revistos, apresenta um coeficiente de correlação com a variável número de trabalhadores de 0,87, no ano 1998.

Utilizando uma metodologia muito semelhante à exposta por Kittelsen (1993), e já explicada no capítulo 3, partiu-se para a construção de um modelo de produção, utilizando as variáveis incluídas na Tabela 21.

⁹⁹ EN: 30 CD's; CENEL: 7 CD's; LTE:12 CD's; SLE:5 CD's

¹⁰⁰ Em condições normais de exploração as perdas na distribuição não apresentam variações significativas

Tabela 21: Variáveis para um modelo da Distribuição

Inputs	Outputs
I1 - Nº de Trabalhadores	O1 - Energia MT (GWh)
I2 - Linhas MT (kc)	O2 - Energia BT (GWh)
I3 - Linhas BT (kc)	O12 - Energia MT + BT (GWh)
I23 - Linhas MT + BT (kc)	O3 - Clientes
I4 - Potência instalada em PTD (MVA)	O4 - Área (km ²)
	O5 - TIE (MT)
	O6 - TIE (BT)

Relativamente aos factores produtivos 'inputs' foram seleccionados aqueles que maior contributos apresentam para os encargos da actividade de Distribuição (MT, BT), a saber: a massa salarial e as principais infraestruturas técnicas (linhas e postos de transformação)¹⁰¹.

No estudo realizado pela ERSE¹⁰², foram calculadas as elasticidades das instalações em relação ao consumo de electricidade, (ver Tabela 22). Os valores indicados na Tabela 22 demonstram que as linhas e a potência instalada são os activos técnicos da Distribuição com maior relação com o consumo de energia.

Tabela 22: Elasticidades das instalações

Linhas AT	0,48
Subestações AT/MT	0,66
Linhas MT	0,70
Postos de Transformação	0,89
Linhas BT	0,63

A potência instalada em subestações não foi considerada neste estudo por ser difícil fazer a afectação correcta das potências instaladas nas subestações aos CD respectivos. A localização física de uma subestação na área geográfica de um determinado CD, não implica que a energia transformada seja para uso exclusivo do CD, por via das trocas de energia. Para evitar que este fenómeno corrompesse os resultados da simulação optou-se por não considerar esta informação, apesar de se reconhecer a sua importância para um modelo de Distribuição.

¹⁰¹ Os contadores também são um activo técnico significativo, no entanto está muito correlacionado com o número de clientes.

¹⁰² Tarifas e preços para a energia eléctrica e outros serviços a partir de 1 de Janeiro de 1999', ERSE, Dez. 1998

A opção por uma variável agregada associada às infraestruturas eléctricas (linhas), com uma equivalência financeira e não física à semelhança do que foi efectuado para a potência em PTD, deveu-se ao facto de não ser realista adicionar indiscriminadamente km de linhas, com diferentes características técnicas.

O custo de construção de uma linha é função do nível de tensão no qual vai ser operada, bem como, se é uma linha aérea ou se vai ser instalada subterraneamente (cabo subterrâneo). Para discriminar em termos de custos os diferentes tipos de linhas, optou-se por multiplicar o comprimento de cada tipo de linha por um coeficiente (α) igual ao custo médio da linha, de acordo com a tipologia respectiva¹⁰³.

Temos assim, que recorrer a quatro coeficientes diferentes de forma a obter uma grandeza que traduza o activo técnico, linhas.

$$\text{Linhas MT} = \text{Linhas MT aérea (km)} \times \alpha_{MT, \text{Aérea}} + \text{Linhas MT subterrânea (km)} \times \alpha_{MT, \text{subterrânea}}$$

$$\text{Linhas BT} = \text{Linhas BT aérea (km)} \times \alpha_{BT, \text{Aérea}} + \text{Linhas BT subterrânea (km)} \times \alpha_{BT, \text{subterrânea}}$$

$$\text{Linhas} = \text{Linhas MT} + \text{Linhas BT}$$

Os custos médios por tipo de linha foi obtido da seguinte forma:

Custo médio por km e tipo de linha = Investimento no ano (n) kc / n.º de km de linha construída no ano (n)

Para que possa existir uma diferenciação, de acordo com as naturezas dos activos técnicos, optou-se por não agregar a Potência instalada em PTD às linhas, *i.e.*, tudo numa única variável. É assim possível realizar à posteriori uma melhor caracterização das ineficiências da actividade, objectivo esse que não se enquadra no âmbito deste trabalho.

Os *outputs* seleccionados no estudo são todos aqueles que caracterizam a actividade de Distribuição de Energia Eléctrica quanto a: energia (GWh), dispersão geográfica (km²), qualidade de serviço (TIE - tempo de interrupção equivalente) e número de clientes servidos.

¹⁰³ Os coeficientes foram elaborados com base nos preços médio por km de linha, para cada uma das quatro empresas e por tipo de linha, relativas ao ano 1998. Assim, tivemos que considerar um total de 16 coeficientes diferentes.

Em termos relativos e quando comparado com os estudos anteriores pode observar que o tamanho da amostra é o principal *handicap*, no entanto, apresenta um número apreciável de variáveis a teste.

6. SELECÇÃO DO MODELO

Das variáveis previamente escolhidas optou-se por incluir no modelo inicial somente quatro (4): três (3) factores produtivos (trabalhadores, linhas (MT+BT) e potência instalada em PTD) e um (1) produto, a energia saída em (GWh). Os *inputs* seleccionados foram aqueles que por uma análise de 'bom senso' pareceram os mais significativos para a actividade produtiva. Um relativo ao factor trabalho e dois correspondentes às principais infraestruturas de Distribuição em (MT e BT), as linhas e os PTD (que correspondem a 80% do investimento total da Distribuição).

De acordo com o explicitado na Tabela 24, foram elaborados seis modelos distintos do modelo base, em quatro foram introduzidas novas variáveis (Clientes, Áreas, TIE (MT), TIE (BT)) e em dois foram desagregadas duas variáveis (a energia MT e BT e as linhas em MT e BT).

As simulações foram realizadas com base em dois pressupostos diferentes, rendimentos constantes à escala (CRS) e rendimentos variáveis à escala (VRS). Para cada modelo foi calculada a média da medida de eficiência técnica e respectiva variância, assim como o número de unidades de referência identificadas na simulação (*i.e.*, as unidades de referência são todas aquelas identificadas como eficientes, com um valor de ET igual à unidade).

Os valores obtidos nos diferentes modelos de acordo com os dois pressupostos, CRS e VRS são apresentados na Tabela 25 e Tabela 26.

Como era normal esperar, os valores da eficiência técnica obtidos são superiores quando os rendimentos são considerados variáveis à escala.

Utilizando uma metodologia bastante semelhante à utilizada por Kittelsen, mas com somente um dos testes estatísticos, o vulgar teste T, foram realizados testes para as diferenças de médias da ET, nos diferentes modelos, admitindo variâncias iguais. Os valores críticos para diferentes níveis de significância estão indicados na Tabela 23.

Tabela 23: Valores críticos.

Estadística T	5%	2,5%	1%
(df=58)			
T crítico unicaudal	1,672	2,002	2,392
T crítico bicaudal	2,002	2,301	2,663

Tabela 24: Quadro resumo da 1ª iteração.

Código	No Modelo	Unid.	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	CRS				VRS				
										Média	Variação	Unid. Ref.	Teste T	Média	Variação	Unid. Ref.	Teste T	
012	Energia Vendida	GWh	X	X	X	X	X		X									
11	Trabalhadores		X	X	X	X	X	X	X									
123	Linhas (MT+BT)	kc	X	X	X	X	X	X										
14	Potência instalada em PTD's	kVA	X	X	X	X	X	X	X									
										0,0000	0,0352	3		0,8532	0,0105	5		
<u>Novas variáveis</u>																		
03	Cientes			X						0,0011	0,0110	9	-5,6072	0,9517	0,0075	15	-3,4790	
04	Área	km2			X					0,0100	0,0100	5	-3,3305	0,0023	0,0143	9	-1,2221	
05	TIE (MT)	min.				X				0,0110	0,0212	6	-3,2790	0,0011	0,0143	10	-1,1825	
06	TIE (BT)	min.					X			0,0204	0,0102	6	-3,6975	0,0077	0,0144	11	-1,3004	
<u>Variáveis desagregadas</u>																		
01	Energia MT	GWh						X		0,0405	0,0157	5	-4,1000	0,0420	0,0070	13	-3,1120	
02	Energia BT	GWh						X										
12	Linhas MT	km							X	0,0020	0,0420	5	-0,4000	0,0755	0,0101	9	-0,6572	
13	Linhas BT	km							X									

De acordo com os valores obtidos e indicados na Tabela 24, a primeira variável candidata a ser seleccionada para integrar o modelo na simulação seguinte é o N.º de Clientes. Foi também esta a primeira variável seleccionada no estudo de Kittelsen, o que vem mais uma vez demonstrar a importância desta variável para um modelo de produção da Distribuição.

O valor da eficiência técnica obtido com o modelo base é na nossa opinião manifestamente baixo. O conjunto dos 30 CD que actualmente integram as quatro empresas do mesmo grupo empresarial, até 1994 pertenciam a uma única empresa, não sendo de esperar que existam valores de eficiência muito diferenciados.

No modelo M01 (com a variável N.º de Clientes) o número de unidades de referência¹⁰⁴ sobe para 9 e a medida de eficiência técnica para 0,891.

¹⁰⁴ O número das unidades de referência encontra-se na Tabela 24 e Tabela 27 na coluna Unid. Ref..

Tabela 25: Valores da ET com CRS.

(CRS) CD's	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06
1	0,414	0,965	0,868	0,697	0,745	0,773	0,414
2	0,39	0,933	0,57	0,549	0,617	0,684	0,39
3	1	1	1	1	1	1	1
4	0,537	0,985	0,627	0,767	0,814	0,877	0,537
5	1	1	1	1	1	1	1
6	0,653	0,911	0,683	0,7	0,693	0,869	0,653
7	0,822	0,825	0,869	0,987	1	0,823	0,87
8	0,815	0,821	0,815	0,815	0,815	1	1
9	0,697	0,707	0,702	0,725	0,727	0,838	0,851
10	0,813	0,899	0,866	0,911	0,944	0,92	0,82
11	0,904	0,961	0,927	0,961	0,956	0,971	0,904
12	0,41	0,916	0,941	0,64	0,888	0,591	0,41
13	0,569	1	0,711	0,826	0,921	0,812	0,569
14	0,53	0,919	0,67	0,822	0,854	0,752	0,53
15	0,728	1	0,785	0,778	0,785	0,965	0,824
16	0,506	1	0,701	0,671	0,721	0,809	0,506
17	0,82	0,921	0,895	0,939	0,992	0,882	0,82
18	0,686	0,906	0,731	0,804	0,812	0,915	0,686
19	0,466	0,794	0,942	0,693	0,717	0,63	0,466
20	0,495	0,732	0,944	1	1	0,68	0,495
21	0,584	0,765	0,715	0,722	0,728	0,731	0,584
22	0,584	0,763	0,641	1	1	0,739	0,584
23	0,885	1	0,887	0,899	0,891	1	0,885
24	0,874	1	0,926	1	0,967	0,929	1
25	1	1	1	1	1	1	1
26	0,684	1	0,695	0,754	0,764	0,927	0,786
27	0,656	0,769	0,736	0,845	0,799	0,746	0,686
28	0,596	0,85	1	0,768	0,776	0,869	0,596
29	0,459	0,768	1	0,747	0,742	0,701	0,459
30	0,479	0,622	0,57	0,511	0,504	0,683	0,479

Tabela 26: Valores da ET com VRS.

(VRS) CD's	M00	M01	M02	M03	M04	M05	M06
1	0,826	1	1	0,878	0,891	0,99	0,826
2	0,587	0,936	0,616	0,621	0,647	0,77	0,587
3	1	1	1	1	1	1	1
4	0,787	0,989	0,787	0,842	0,858	0,978	0,787
5	1	1	1	1	1	1	1
6	0,76	0,916	0,76	0,763	0,76	1	0,798
7	1	1	1	1	1	1	1
8	0,916	0,919	0,916	0,916	0,916	1	1
9	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	1	1
10	0,943	0,999	0,96	0,943	0,944	0,997	0,961
11	0,936	1	1	1	1	0,982	0,936
12	0,752	1	0,873	0,795	0,814	0,822	0,752
13	0,801	1	0,806	0,869	1	0,917	0,801
14	0,812	0,976	0,812	0,812	0,814	0,905	0,884
15	0,836	1	0,836	0,836	0,839	1	0,864
16	0,79	1	0,806	0,814	0,83	0,929	0,79
17	0,931	0,976	0,931	0,966	0,993	0,965	0,955
18	0,853	0,951	0,853	0,875	0,876	0,983	0,888
19	1	1	1	1	1	1	1
20	0,853	0,86	0,993	1	1	0,897	0,882
21	0,648	0,767	0,717	1	1	0,757	0,648
22	0,971	1	0,971	1	1	0,995	1
23	0,893	1	0,893	0,901	0,893	1	0,911
24	0,958	1	0,99	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1
26	0,843	1	0,843	0,845	0,844	1	0,852
27	0,854	0,886	0,854	0,881	0,86	0,884	0,869
28	0,895	0,958	1	0,919	0,917	1	0,895
29	0,659	0,79	1	0,755	0,742	0,787	0,659
30	0,509	0,627	0,571	0,517	0,511	0,693	0,52

Nesta primeira iteração todas as novas variáveis tinham uma estatística T que permitia rejeitar a hipótese nula para uma diferença de média igual a zero, com um nível de significância de 5%. Relativamente às variáveis desagregadas o mesmo se pode afirmar para O1 e O2.

Na segunda iteração o modelo base é agora (M01), mas renumerado para M10. São explicitados mais cinco modelos distintos, para as restantes três variáveis novas e as duas desagregadas de acordo com o explicitado na Tabela 27. Os resultados obtidos e de acordo com um procedimento idêntico ao da iteração anterior, estão evidenciados na Tabela 30 e Tabela 31.

Tabela 27: Quadro resumo da 2ª iteração.

Código	No Modelo		M10	M11	M12	M13	M14	M15	CRS				VRS				
									Média	Variação	Unid. Ref.	Teste T	Média	Variação	Unid. Ref.	Teste T	
O12	Energia Vendida	GWh	X	X	X	X		X									
I1	Trabalhadores		X	X	X	X	X	X									
I23	Linhas (MT+BT)	kc	X	X	X	X	X	X									
I4	Potência Instalada em PTD's	kVA	X	X	X	X	X	X									
O3	Clientes		X	X	X	X	X	X									
	Novas variáveis								0,8911	0,0119	9		0,8917	0,0075	10		
O4	Área	km2		X					0,9299	0,0084	14	-1,4802	0,9983	0,0050	17	-0,8113	
O5	TE (MT)	min.			X				0,9317	0,0089	12	-1,5452	0,9716	0,0052	19	-0,9881	
O6	TE (BT)	min.				X			0,9309	0,0088	15	-1,4777	0,9648	0,0081	18	-0,6132	
	Variáveis desagregadas																
O1	Energia MT	GWh					X		0,9101	0,0100	10	-0,7041	0,9852	0,0080	21	-0,8314	
O2	Energia BT	GWh					X										
I2	Linhas MT	km						X	0,9058	0,0107	10	-0,8279	0,9577	0,0075	19	-0,2893	
I3	Linhas BT	km						X									

Desta segunda iteração resultou que não é possível rejeitar a hipótese nula de uma diferença de médias nula, para todos os cinco modelos com as variáveis novas ou desagregadas incluídas. Assim, e de acordo com a metodologia seguida, o modelo seleccionado é o M10.

Tabela 28: Modelo M10.

Inputs	Outputs
Trabalhadores	Energia (GWh)
Linhas MT+BT (kc)	N.º de Clientes
Potência em PTD (kVA)	

Ao contrário do estudo de Kittelsen a variável (área geográfica) não foi seleccionada para integrar o modelo. Por se entender que o estudo aqui desenvolvido apresenta um *handicap*

quando comparado com o estudo norueguês, relativamente ao tamanho da amostra considerada, optamos por na etapa seguinte trabalhar com dois modelos (M10 e M11).

Os resultados obtidos com o modelo M10 permitiram-nos elaborar um ranking de eficiência técnica, ver Tabela 29. Verificamos que os níveis de energia, bem como o número de clientes, estão positivamente correlacionados com o nível de eficiência evidenciado. Para critério de desempate na ordenação da tabela foi utilizado o Número de Clientes / km², por ordem crescente. Foi, assim, considerado que a densidade de clientes é um factor que coloca em desvantagem os centros rurais. Em caso de igualdade de ET, valorizou-se a menor densidade de clientes.

Tabela 29: Ranking de Eficiência Técnica.

ET	Ref. CD	Energia	Clientes	Área	Trab.	Linhas	Potência
1	16	26	20	9	20	7	24
2	13	19	17	11	19	12	21
3	15	10	8	15	8	18	13
4	5	4	10	20	9	11	10
5	3	7	7	19	6	16	8
6	24	6	5	23	7	22	11
7	26	14	6	25	5	23	12
8	23	2	1	24	1	8	3
9	25	1	2	29	2	14	1
10	4	21	19	14	18	9	22
11	1	29	25	3	25	10	29
12	11	3	4	13	4	2	5
13	2	23	12	6	11	5	18
14	17	13	14	16	15	13	17
15	14	25	23	12	24	20	25
16	12	28	26	8	26	15	27
17	6	15	11	18	10	6	14
18	18	18	21	17	21	19	20
19	10	11	15	26	14	29	7
20	28	22	27	2	27	17	26
21	7	16	24	27	23	30	16
22	8	8	13	30	13	26	4
23	19	30	30	10	30	27	30
24	27	17	16	21	17	24	15
25	29	20	22	1	22	4	19
26	21	9	9	4	12	3	9
27	22	24	28	22	28	28	23
28	20	27	29	5	29	21	28
29	9	12	18	28	16	25	6
30	30	5	3	7	3	1	2

Tabela 30: Valores de ET com CRS.

(CRS) CD's	M10	M11	M12	M13	M14	M15
1	0,965	1	1	1	0,965	0,968
2	0,933	0,953	0,933	0,933	0,933	0,942
3	1	1	1	1	1	1
4	0,985	0,985	0,985	0,985	0,988	0,985
5	1	1	1	1	1	1
6	0,911	0,911	0,911	0,911	0,969	0,911
7	0,825	0,869	0,987	1	0,825	0,87
8	0,921	0,821	0,821	0,821	1	1
9	0,707	0,713	0,731	0,733	0,838	0,871
10	0,899	0,904	0,911	0,962	0,952	0,904
11	0,981	0,968	0,988	0,982	0,971	0,981
12	0,816	1	0,983	1	0,916	0,816
13	1	1	1	1	1	1
14	0,919	0,938	0,919	0,919	0,925	0,921
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	0,921	0,849	0,98	1	0,836	0,921
18	0,906	0,911	0,918	0,915	0,915	0,906
19	0,794	1	0,888	0,89	0,794	0,794
20	0,732	0,945	1	1	0,734	0,733
21	0,765	0,807	0,802	0,782	0,768	0,767
22	0,763	0,774	1	1	0,764	0,763
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1
27	0,769	0,782	0,845	0,816	0,777	0,774
28	0,85	1	0,873	0,86	0,869	0,85
29	0,768	1	0,844	0,795	0,771	0,768
30	0,622	0,657	0,623	0,622	0,683	0,622

Tabela 31: Valores de ET com VRS.

(VRS) CD's	M10	M11	M12	M13	M14	M15
1	1	1	1	1	1	1
2	0,936	0,978	0,936	0,936	0,936	0,944
3	1	1	1	1	1	1
4	0,989	0,989	0,989	0,989	1	0,989
5	1	1	1	1	1	1
6	0,916	0,916	0,916	0,916	1	0,916
7	1	1	1	1	1	1
8	0,919	0,919	0,919	0,919	1	1
9	0,962	0,962	0,962	0,962	1	1
10	0,999	0,999	0,999	0,999	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	0,976	0,976	0,976	0,976	0,982	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	0,978	0,978	1	1	0,987	0,984
18	0,951	0,951	0,951	0,951	0,993	0,953
19	1	1	1	1	1	1
20	0,88	0,993	1	1	0,897	0,892
21	0,767	0,82	1	1	0,789	0,773
22	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1
27	0,886	0,886	0,891	0,888	0,889	0,903
28	0,958	1	0,962	0,959	1	0,961
29	0,79	1	1	0,802	0,809	0,79
30	0,627	0,665	0,627	0,627	0,693	0,627

Podemos observar na Tabela 33, é apresentada no capítulo seguinte uma estatística elementar das variáveis a incluir nos dois modelos (M10 e M11).

Convém mencionar que a opção pela utilização dos dois modelos no capítulo seguinte, apesar da sua semelhança, se deve à preocupação de determinar uma medida de eficiência simples e global.

Ressalva-se aqui novamente a questão do número de variáveis a incluir num modelo de produção, quando o tamanho da amostra é reduzido, como o é na etapa seguinte, o sobredimensionamento é sempre problemático. Não invalida o facto do estudo constituir um contributo como elemento facilitador da gestão.

Resumindo, neste capítulo 6, seleccionámos um modelo de produção para a actividade de Distribuição de Energia Eléctrica, por via de uma triagem de variáveis. O modelo de produção seleccionado foi o M10 e por opção própria vamos igualmente utilizar o M11, por similitude com outros modelos.

O estudo iniciado neste capítulo pode ser um ponto de partida para a caracterização das ineficiências dos CD, para efeitos de planeamento da rede e definição de uma política de investimentos. Esta metodologia pode ser um contributo na ajuda à decisão, ao fornecer elementos tão importantes como os indicados na Tabela 32.

Tabela 32 : Outros resultados importantes da análise DEA.

i)	Projeções de objectivos ' <i>targets</i> ' (output potencial das unidades ineficientes);
ii)	Diferenciais de eficiência das unidades produtivas;
iii)	<i>Tradeoffs</i> ; produtividade marginal, taxas marginais de substituíbilidade técnica e de transformação;
iv)	Análise do crescimento tecnológico das unidades produtivas ¹⁰⁵ .

¹⁰⁵ Trabalho realizado no capítulo 7.

7. ESTUDO DE PRODUTIVIDADE

7.1. MEDIDAS DE PRODUTIVIDADE

O estudo de produtividade efectuado foi elaborado com recurso a uma amostra de 12 CD do universo de 30¹⁰⁶. A amostra considerada é comparada na Tabela 33 com o universo dos 30 CD. Os 12 CD que integram a nova amostra correspondem aos CD numerados de 19 a 30, de acordo com a numeração atribuída no capítulo anterior.

Podemos observar na Tabela 33 que a amostra de 12 CD a considerar apresenta uma média em termos de ET inferior à média do universo, no entanto integra 4 dos 9 CD considerados eficientes no estudo anterior (modelo M10).

Recorrendo aos valores da eficiência técnica obtidos na etapa anterior foi realizado um teste para uma diferença de média nula, relativamente aos valores da amostra e o seu complementar. Observou-se que a hipótese de uma diferença de média zero não pode ser rejeitada com um nível de significância de 5%, quando utilizamos o modelo M11. O mesmo já não se verifica se o teste for aplicado com o modelo M10.

Tabela 33: Quadro estatístico para as variáveis dos modelos M10 e M11.

		Unid. (0-30)				Unid. (0-18)	Unid. (19-30)
		Média	Desvio Padrão	Min.	Max.	Média	Média
Outputs	Energia (GWh)	886	570	192	2.506	834	964
	Clientes	168.072	81.308	53.768	429.485	152.888	190.847
	Área (km2)	2.958	2.912	42	13.765	2.389	3.812
Inputs	Trabalhadores	294	105	87	487	292	298
	Linhas (kc)	17.679	7.050	7.053	36.853	17.555	17.863
	Potência (MVA)	389	206	117	896	361	430
M10	Eficiência Técnica	0,891				0,926	0,839
M11		0,930				0,940	0,915

Relativamente aos *outputs* a amostra considerada no estudo de produtividade corresponde a 44% do total da energia saída, 45% dos clientes e a 52% da área

¹⁰⁶ Não nos foi possível reunir informação suficiente dos 30 CD's da EDP para o período pretendido.

servida¹⁰⁷. Se bem que as limitações do estudo já apontadas nos inibam de generalizar as conclusões a retirar, ficarão lançadas algumas pistas para estudos posteriores com um âmbito mais alargado.

Observemos agora os resultados obtidos com o recurso a esta amostra de 12 CD, para os modelos M10 e M11. O exercício aqui apresentado consiste num '*forward-looking*', *i.e.*, o ano de referência para a tecnologia, ano base é o primeiro ano do período. Na Figura 13, o gráfico mostra a evolução da produtividade para os anos de 1988 a 1998, o ano base é sempre o ano (n-1).

Valores superiores à unidade significam aumentos de produtividade e inferiores a 1 significam perdas de produtividade. Na Tabela 34 são ilustrados os valores do TFP (total factor productivity) obtidos para os anos do período estudado com o modelo M11. Os valores apresentados na Tabela 34 e ilustrados no gráfico da Figura 13, correspondem às médias anuais simples (não ponderadas dos pesos das respectivas variáveis).

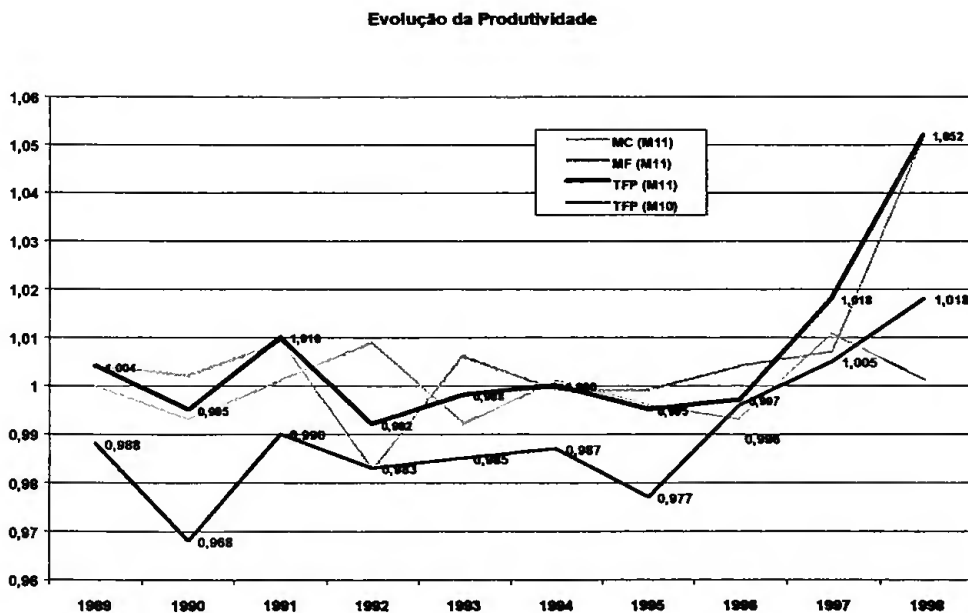


Figura 13: Evolução dos índices de *Malmquist* no período 1988/98 (médias simples).

¹⁰⁷ Esta amostra pode ser considerada como representativa da heterogenidade geográfica dos CD's que constituem o universo da distribuição, estando incluídos nesta amostra CD's classificados como rurais e outros como urbanos.

A primeira e a mais evidente das constatações é que os modelos apresentam valores de TFP diferentes. Analisando em primeiro lugar os valores do TFP obtidos com o modelo M10, observa-se que até ao ano de 1996 são valores inferiores à unidade e não apresentam nenhuma tendência constante. Em 1990 e 1995 registou-se uma diminuição de produtividade na ordem dos 3%. Nos anos de 1997 e 1998 a produtividade registou pequenos acréscimos.

Com o modelo M11 os resultados indicam uma performance muito semelhante, até ao ano de 1996, com pequenas oscilações em torno da unidade. Para os anos subsequentes (1997 e 1998) a evolução da produtividade é mais significativa, na ordem dos 2% e 5% respectivamente.

Tabela 34 : Índices de *Malmquist* para os anos do decénio 1988/1998 (média simples c/ modelo M11).

ano	Índices M11		
	M	MC	MF
1989	1,004	1,000	1,004
1990	0,995	0,993	1,002
1991	1,010	1,001	1,009
1992	0,992	1,009	0,983
1993	0,998	0,992	1,006
1994	1,000	1,001	0,999
1995	0,995	0,996	0,999
1996	0,997	0,993	1,004
1997	1,018	1,011	1,007
1998	1,052	1,001	1,051

Para obtermos uma taxa de crescimento da produtividade mais consistente, entendemos dever calcular os índices ponderando a principal variável, a energia saída por CD¹⁰⁸. Os índices de Malmquist ponderados da energia saída estão indicados na Tabela 35. Os valores não são significativamente diferentes dos obtidos com a média simples.

¹⁰⁸ Idêntico procedimento foi efectuado por Burns P. e Weyman-Jones (1996).

No decénio 88/98, a produtividade registou um crescimento de aproximadamente 18 %. Esta taxa de crescimento de produtividade anualizada para o período é aproximadamente 2%. O modelo utilizado foi o M11, que inclui a variável geográfica.

Tabela 35: Índices de Malmquist para os anos do decénio 1988/98 (média ponderada da energia saída).

ano	Modelo M11		
	M	MC	MF
1989	1,020	1,001	1,019
1990	1,013	0,996	1,016
1991	1,027	1,002	1,025
1992	0,997	1,014	0,984
1993	1,007	0,996	1,010
1994	1,005	1,002	1,003
1995	1,001	0,999	1,002
1996	1,008	0,997	1,011
1997	1,026	1,011	1,015
1998	1,065	1,000	1,065
1988/98	1,179	1,017	1,159

Para as duas componentes mutuamente exclusivas que definem o índice M, que neste caso é igual ao TFP¹⁰⁹, interessa analisar qual das duas mais contribuiu para a evolução da produtividade.

Concluimos da análise da Tabela 35 que os ganhos de produtividade registados no período (1988 a 1998), são dominados pela evolução da componente MF (16%), referente à tecnologia (a componente de fronteira)¹¹⁰. Semelhante constatação podia ser retirada da análise ao gráfico da Figura 13 (valores obtidos com as médias simples).

Uma simples observação da evolução temporal das variáveis utilizadas nos modelos (ver Figura 14), permite concluir que a redução de recursos humanos foi a principal responsável por um aumento de produtividade nos dois últimos anos do período.

¹⁰⁹ Ver capítulo I.3

¹¹⁰ idem anterior.

As taxas de crescimento para as variáveis clientes, linhas e potência apresentam os seguintes valores, 2,3%, 3,5% e 5% respectivamente. Já a taxa de crescimento da energia distribuída regista oscilações mais significativas no período, assumindo valores no intervalo [2,5% ; 9%].

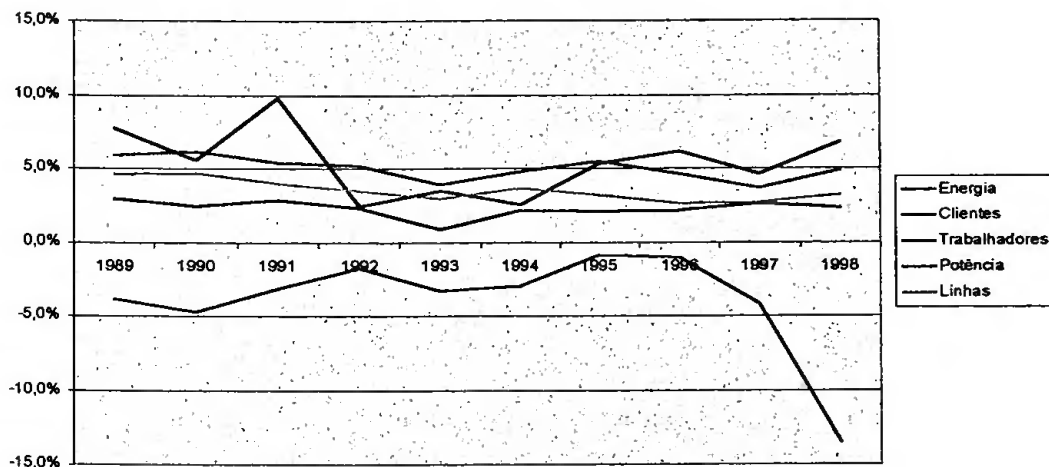


Figura 14: Taxas de crescimento das variáveis.

7.2. ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE POR CD

Para uma análise ao crescimento da produtividade dos CD são utilizadas somente as medidas de eficiência dos anos de 1988 e 1998, sendo considerado 1988 o ano base. Para o cálculo dos índices de Malmquist continuámos a utilizar a média geométrica de acordo com o definido na equação (3.31).

Para melhor se poder compreender como se apresentam as unidades estudadas, foram elaborados os gráficos da Figura 15, Figura 16 e Figura 17. A energia distribuída por CD é comparada com os respectivos valores das diferentes componentes da produtividade.

Tabela 36: Índices de *Malmquist* por CD para o período 1988/1998.

CD's	Índices M11		
	M	MC	MF
1	1,067	1,000	1,067
2	0,993	0,948	1,048
3	1,136	1,134	1,002
4	0,841	0,782	1,075
5	1,296	1,000	1,296
6	1,067	1,000	1,067
7	1,389	1,000	1,389
8	1,097	1,000	1,097
9	1,084	0,965	1,123
10	0,987	1,000	0,987
11	1,036	1,000	1,036
12	1,458	1,177	1,238
Min	0,841	0,782	0,987
Máx.	1,458	1,177	1,389

Na Figura 15 podemos observar o crescimento total da produtividade dos diversos CD *versus* a energia distribuída¹¹¹. Temos que, 89% da energia foi distribuída por CD com ganhos de produtividade e somente 11% da energia, corresponde a CD que tiveram um retrocesso na produtividade.

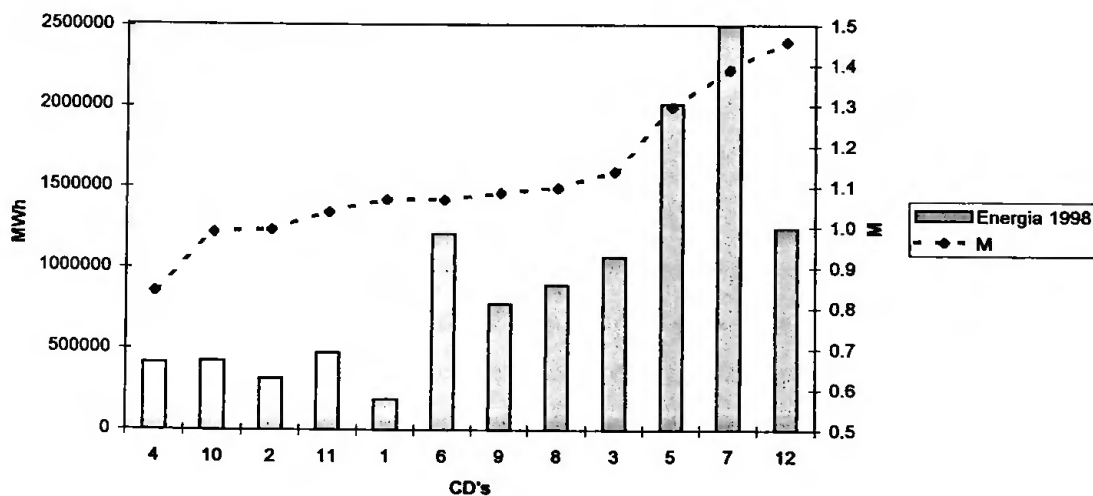


Figura 15: CD por ordem crescente de M.

¹¹¹ A energia distribuída em GWh nos gráficos das Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21, é relativa somente ao ano de 1998.

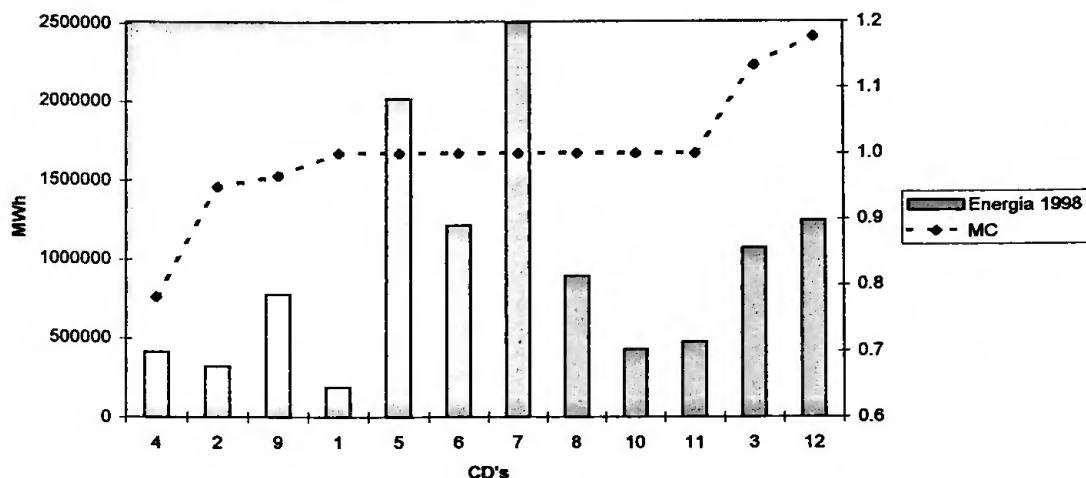


Figura 16: CD por ordem crescente de MC.

No que respeita à eficiência ou *'catching-up effect'* (ver gráfico da Figura 16), a percentagem de energia distribuída a que corresponde uma evolução positiva desta componente cifrou-se em no 20,1%, e é relativo a dois CD de média dimensão.

A percentagem da energia distribuída por CD, com um contributo negativo na evolução da eficiência, é 13,1%. Neste gráfico podemos também observar que existem 7 unidades que registam no período um valor de MC igual a 1, significa isto que, a sua posição relativa à fronteira manteve-se inalterada. Neste grupo estão os dois maiores CD em termos de energia distribuída.

Na Figura 17 temos que, 11 CD, a que corresponde 96% da energia distribuída, apresentaram a componente de evolução tecnológica ou *'technology shift'* positiva. A Distribuição apresentada, evidencia que a contribuição para a mudança tecnológica foi da responsabilidade dos maiores CD em termos de energia distribuída.

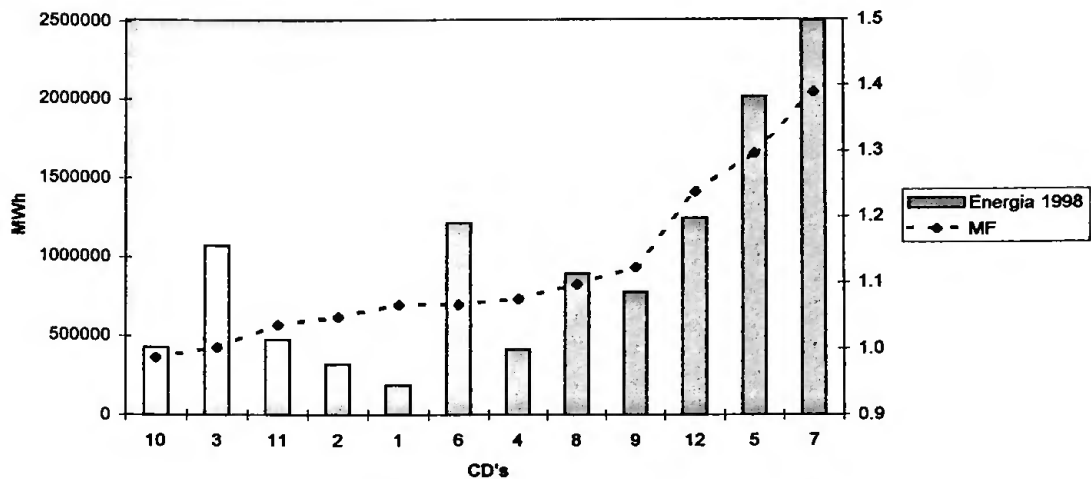


Figura 17: CD por ordem crescente de MF.

Os gráficos seguintes permitem observar duas dimensões da produtividade em simultâneo com a energia distribuída por CD. A área dos círculos é proporcional à energia distribuída pelos respectivos CD. O valor da energia considerado foi o do ano de 1998.

Na Figura 18 temos que, a maioria das unidades estão localizadas no primeiro quadrante, *i.e.*, a maioria das unidades apresenta um crescimento total da produtividade e a componente de alteração tecnológica com valores superiores à unidade.

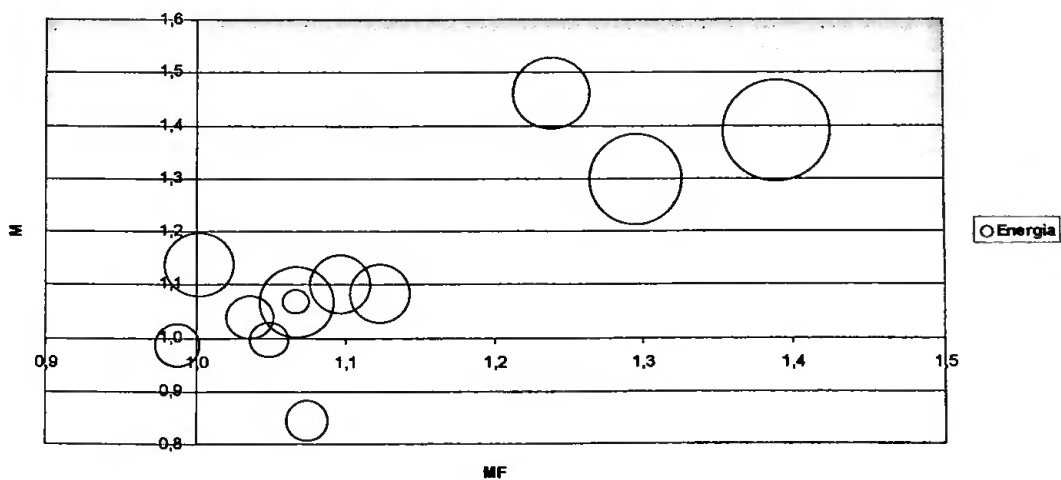


Figura 18: Distribuição simultânea M, MF.

Na Figura 19 fica evidenciado que somente dois CD apresentaram simultaneamente ganhos de produtividade e a componente de *catching-up* superior à unidade. A maioria dos CD não apresentou nenhum contributo em termos de eficiência, MC, estão centrados no eixo das ordenadas.

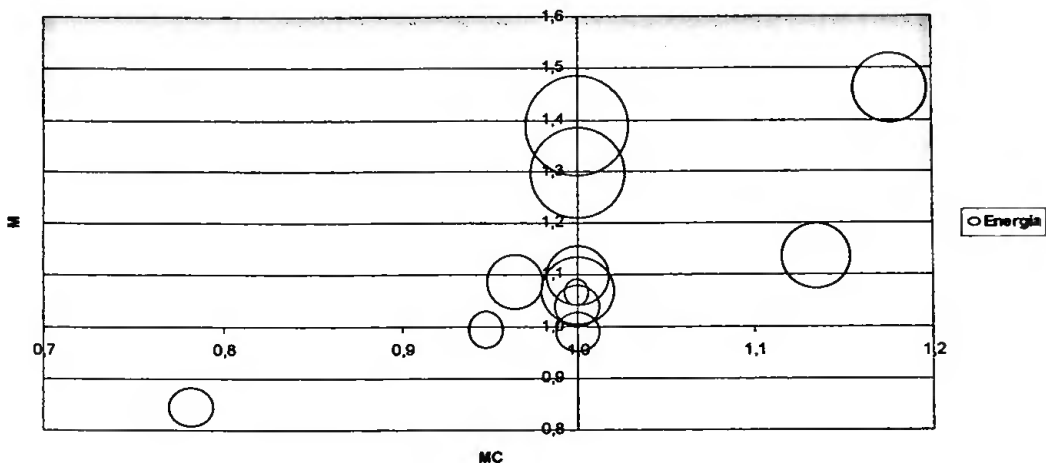


Figura 19: Distribuição simultânea M, MC.

A *driving-force* da produtividade como observamos na Figura 20 é a componente relativa às alterações de tecnologia, 10 dos 12 CD estão situados no primeiro e segundo quadrantes, somente dois estão claramente no primeiro. O efeito de *technology shift* foi predominante relativamente ao efeito de *catching-up*.

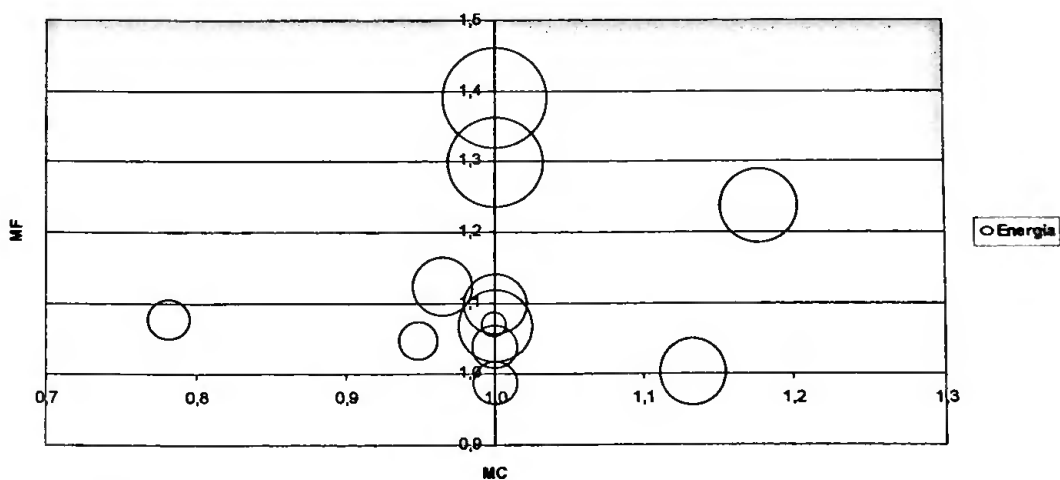


Figura 20: Distribuição simultânea MF, MC .

Da observação de todos os gráficos anteriores podemos concluir que a energia saída está muito correlacionada com a produtividade, o mesmo já não se pode dizer em relação à área, como ilustra a Figura 21. O facto é facilmente explicado por às grandes áreas corresponderem densidades de clientes e energia distribuída muito inferiores aos CD mais pequenos, que são normalmente CD urbanos.

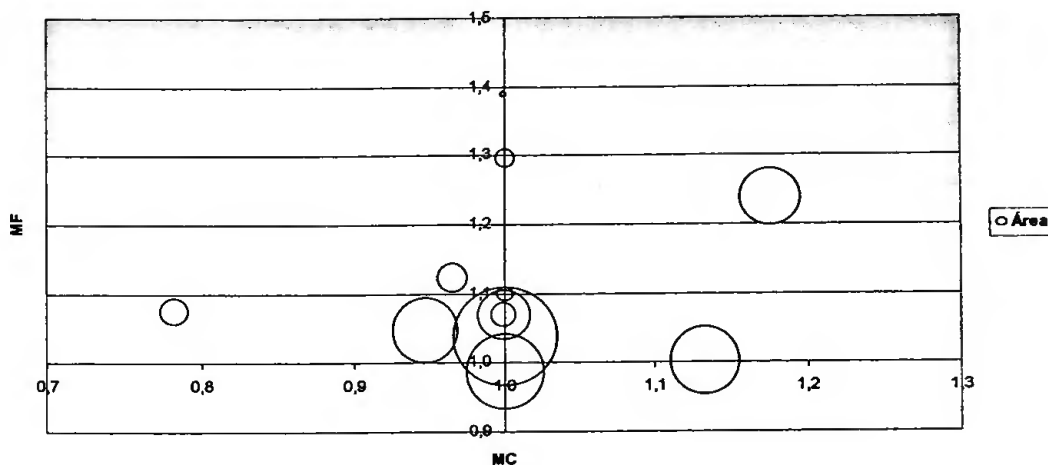


Figura 21: Distribuição simultânea MF, MC .

Com os resultados do estudo é agora possível elaborar um quadro comparativo¹¹² (ver Tabela 37), com os resultados de quatro estudos de produtividade aplicados à Distribuição de Energia Elétrica.

Tabela 37: Quadro comparativo

País	Período	Tipo de Unid.	Nº de Unid.	TFP
Suécia	1970-1978	ED	289	5,7%
	1978-1986			2,5%
Reino Unido	1971-1990	ED	12	2,6%
	1990-1993*			3,1%
Noruega	1983-1989	ED	150	2,0%
Portugal	1988-1996	CD***	12	1,0%
	1996-1998**			4,5%

* Pós-privatização.

**1ª fase de privatização em Jun 97.

*** Os valores foram obtidos com o modelo M11 da amostra de CD's estudada.

¹¹² Valores de produtividade obtidos com os valores dos índices ponderados da variável energia saída, no caso do presente estudo.

Os valores obtidos com a amostra estudada permitem-nos observar que a evolução da produtividade não teve uma evolução constante no período. Os valores registados nos dois últimos anos do período são superiores aos observados no período [1988,1996], e mostram uma aproximação aos valores registados nos outros estudos que recorrem a uma metodologia análoga.

Este fenómeno provavelmente não pode ser desligado da primeira fase de privatização, que ocorreu em Junho de 1997. Não obstante é curioso notar que no Reino Unido registou-se um abrandamento do crescimento produtividade com a aproximação da privatização¹¹³.

As tarifas determinadas pela ERSE, só foram oficialmente conhecidas em Dezembro de 1998, pelo que, a sua influência não deve ser considerada para este registo de performance. No futuro será interessante avaliar o impacto do tarifário na evolução da produtividade dos distribuidores de energia eléctrica, nomeadamente no final do primeiro período de regulação.

As variáveis chave para a evolução da produtividade no futuro próximo são os recursos humanos e as infraestruturas eléctricas. A título de exemplo mostramos a evolução destas duas grandezas, num mercado regulado com empresas privatizadas, mas num estágio de abertura à concorrência mais adiantado, o Reino Unido;

- Recursos Humanos; nos primeiros seis anos após a privatização as empresas regionais de electricidade reduziram os seus recursos de 66%¹¹⁴. Foi também esta a principal condicionante do aumento da produtividade identificada por Burns e Weyman-Jones (1996).
- Infraestruturas eléctricas; os circuitos eléctricos registaram uma taxa de crescimento anual 96/97 de somente 0,22%, o que implicou uma evolução do índice de utilização da rede (Clientes / km rede) na mesma ordem de grandeza do aumento do número de clientes, aproximadamente 3%¹¹⁵.

¹¹³ Ver Burns e Weyman-Jones, 1996.

¹¹⁴ Em 1989/1990 as REC tinham 14.415 trabalhadores contra 4.907 em 1995/1996, para um mercado de 26.000.000 de clientes. Fonte: Electricity Association, *Electricity Industry Review* (January 1997), p.54.

¹¹⁵ É de notar que a energia distribuída teve um aumento de apenas 0,71%, suportada pela MT (2,6%) dado a BT ter registado um ligeiro decréscimo (-0,1%). Fonte: Electricity Association, *Electricity Industry Review* (January 1997).

8. RESUMO DOS PONTOS FUNDAMENTAIS DO ESTUDO

- 1 A Distribuição é a actividade do Sector Eléctrico que pela sua dimensão e especificidade apresenta um superior potencial de aumento da produtividade.
- 2 Para fomentar a concorrência onde exista potencial para melhoria de eficiência, as medidas de eficiência e produtividade assumem uma enorme relevância, e são apresentados como instrumentos indispensáveis, para o regulador bem como para os próprios operadores na procura da produção mais eficiente.
- 3 Este trabalho é realizado com recurso a um método não paramétrico de programação linear, DEA (*Data Envelopment Analysis*), e a evolução da produtividade é medida utilizando os índices de Malmquist. O método DEA tem provado ser adequado para a medição da eficiência dos operadores do Sector Eléctrico, nomeadamente a Distribuição de Energia Eléctrica, em virtude da multidimensionalidade desta actividade.
- 4 Construiu-se um modelo de produção para a Distribuição de Energia Eléctrica, com recurso a um algoritmo do tipo *stepwise* para a selecção das variáveis a incluir no modelo.
- 5 Medimos a evolução da produtividade no período [1988, 1998], com base numa amostra de 12 CD. Determinámos um parâmetro endógeno à actividade de forma a ser comparado com os valores X, calculados no capítulo 2.3. O parâmetro escolhido para este efeito foi o TFP (total factor productivity).
- 6 Foi realizada a caracterização da evolução da produtividade por via das propriedades dos índices de Malmquist.

9. CONCLUSÕES

1. A taxa média anual de crescimento da produtividade para o período [1988, 1998] foi de 2 %. A evolução da produtividade apresentou um valor aproximadamente igual a 1% no período [1988, 1996] e significativamente superior nos anos seguintes, 1997 e 1998, aproximadamente 3% e 6%, respectivamente. A componente tecnológica '*frontier technology shift*' foi predominante relativamente à componente de eficiência '*catching-up effect*'.
2. O crescimento acelerado da produtividade nos dois últimos anos do período, coincidiu com a primeira fase de privatização, a qual ocorreu em Junho de 1997.
3. Os valores de crescimento da produtividade obtidos nos dois últimos anos do período, já apresentam valores normais quando comparados com outros países europeus. No entanto os indicadores de produtividade do factor trabalho e dos activos técnicos ainda estão afastados dos valores considerados aceitáveis na actividade.
4. O facto determinante para a evolução positiva da produtividade foi a redução do número de trabalhadores. O sobredimensionamento de recursos humanos gerados durante a década de 80 e princípios da década de 90, começou a ser corrigido. Os ganhos de produtividade poderão ainda ser sustentados por continuação da correcção do efeito de '*overstaffing*' gerado, na aproximação a indicadores de produtividade do factor trabalho de empresas congéneres europeias.

5. A procura de economias de densidade é fundamental, e será crítica na fase subsequente. Os activos técnicos apresentam taxas de crescimento anual incomparavelmente superiores a empresas de Distribuição europeias. A rentabilização das principais infraestruturas eléctricas já existentes (subestações, linhas e postos de transformação) é fundamental na persecução deste objectivo, *i.e.*, para uma determinada área geográfica fazer face a um aumento da densidade energética sem um equivalente aumento das infraestruturas eléctricas. Estas economias são mais fáceis de conseguir nos grandes centros urbanos, principais responsáveis do aumento da produtividade.

(A caracterização das ineficiências não era objectivo deste estudo, mas é um trabalho fundamental a realizar para a implementação de uma estratégia pró-activa. As folgas encontradas (*slacks*) para as restrições do modelo, apontava as principais ineficiências ao nível das infraestruturas eléctricas (linhas e PTD).

6. Os mecanismos e respectivos parâmetros da regulação tarifária serão uma determinante fundamental da velocidade e equilíbrio para a correcção das ineficiências na Distribuição de Energia Eléctrica. Uma filosofia que se pretenda como de '*productivity-related regulation*', exige aos operadores e ao regulador a monitorização das performances produtivas presentes na actividade.

Espera-se assim, que este estudo contribua como estímulo para a utilização prática do DEA: no planeamento por parte das empresas concessionárias da Distribuição; e no aperfeiçoamento dos mecanismos da regulação por parte do regulador.



ANEXO

Os gráficos apresentados neste anexo estão incluídos no documento (Tarifas e Preços para a energia eléctrica e outros serviços a partir de 1 de Janeiro de 1999, ERSE, Dez. 1998).

Os valores de 1998 a 2001 são valores previsionais c/ base em informação fornecida pela EDP à ERSE.

Repartição do Preço por Actividade em 1997

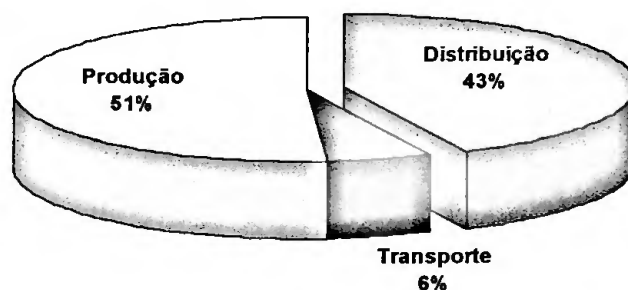


Figura 22: Repartição do preço do kW por actividade.

Decomposição dos custos da actividade de distribuição

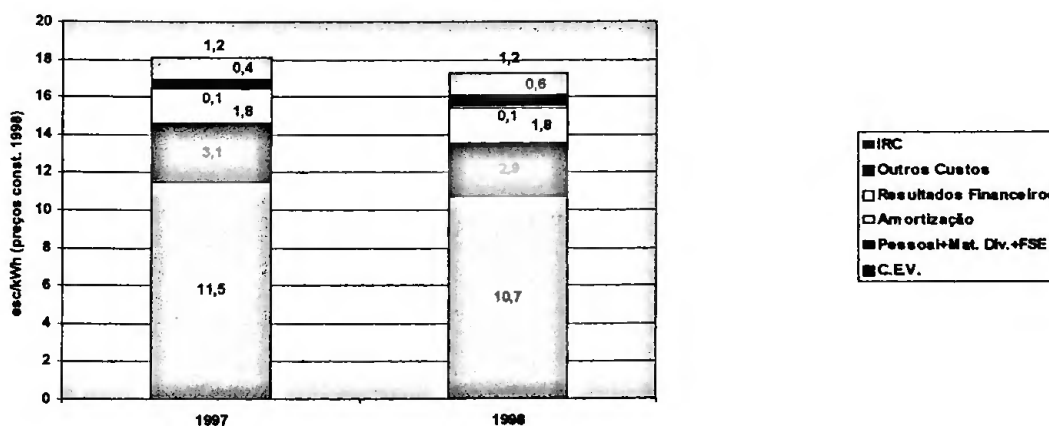


Figura 23: Custos da actividade de Distribuição.

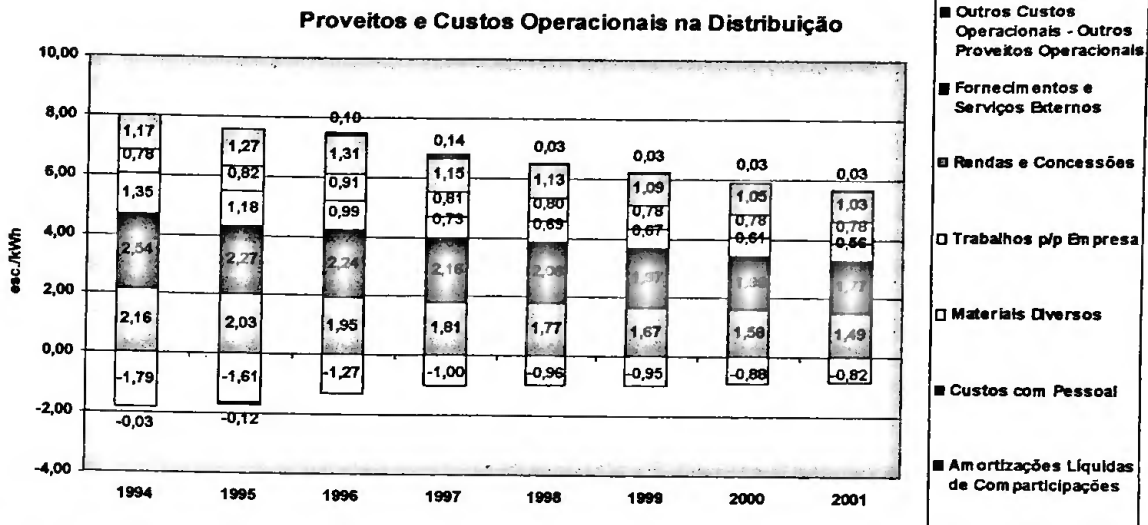


Figura 24: Proveitos e custos operacionais na Distribuição.

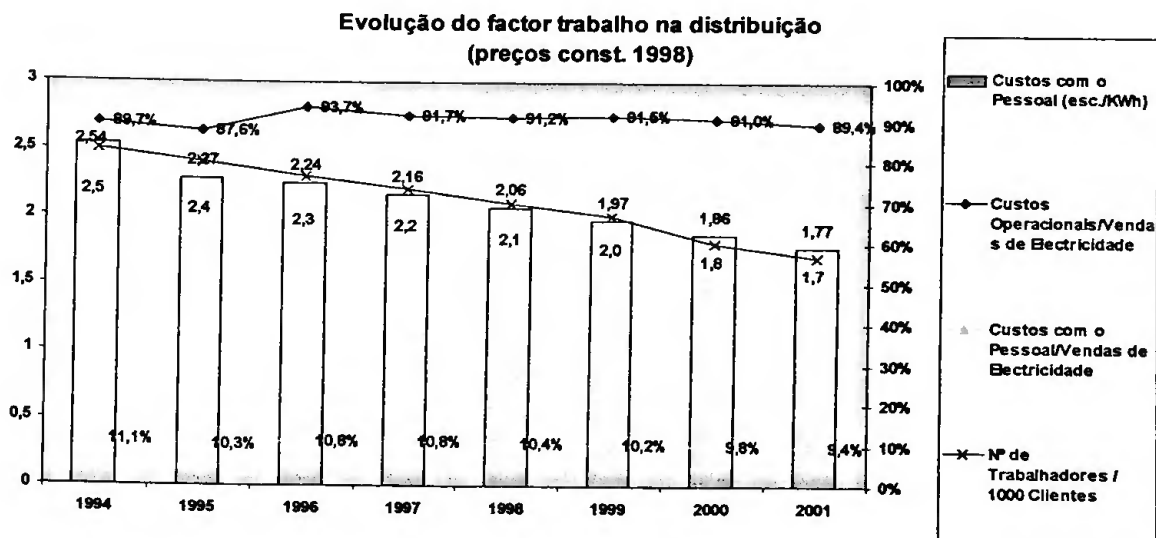


Figura 25: Custos e produtividade do factor Trabalho.

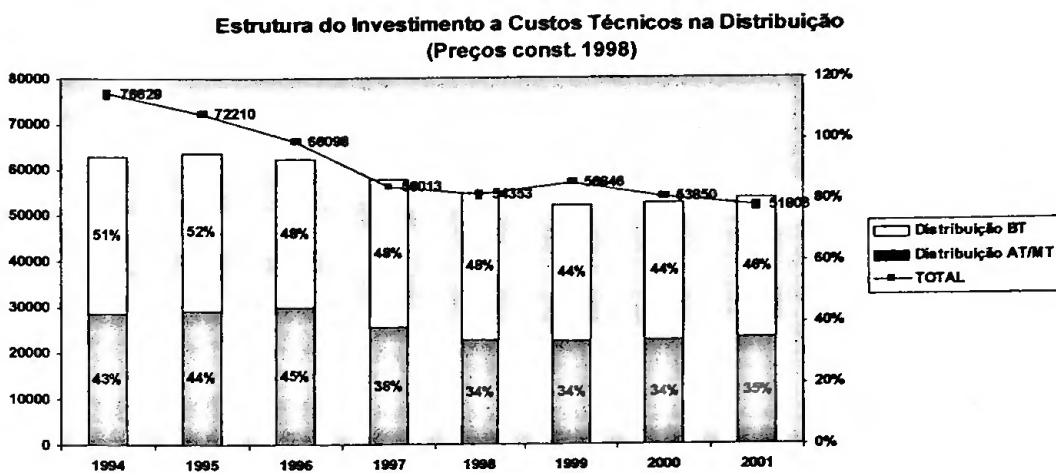


Figura 26: Evolução do investimento na Distribuição.

BIBLIOGRAFIA

Atle Midttun (1997), *European Electricity Systems in Transition, A Comparative Analysis of Policy and Regulation in Western Europe*, Elsevier Global Energy Policy and Economics Series

Bagdadioglu N., Waddams Price C., Weyman-Jones P. (1996), Efficiency and ownership in electricity distribution: A non-parametric model of Turkish experience, *Energy Economics*, 18, pp. 1-23.

Berg S., Førsum F., Jansen E. (1992), Malmquist indices of productivity growth, *Scandinavian Journal of Economics*, 94, pp. 211-228.

Boiteaux M. (1971), On the Management of Public Monopolies Subject to Budgetary Constraints, *Journal of Economic Theory*, 3, pp 219-240.

Bös D. (1994), *Pricing and Price Regulation (An Economic Theory for Public Enterprises and Public Utilities)*, Vol. 34, Amsterdam: North Holland.

Burns P., Weyman-Jones T. (1994), Regulatory Incentives, Privatisation, and Productivity Growth in UK Electricity Distribution, *Centre for the Study of Regulated Industries*, discussion paper 1.

Burns P., Weyman-Jones T. (1996), The Performance of the Electricity Distribution Business – England and Wales, 1971-1993, *Centre for the Study of Regulated Industries*, discussion paper 8.

Burns P., Weyman-Jones T. (1997), Periodic regulatory review in UK Electricity markets: developments within a deregulated system. *International Workshop: Deregulation of Electric Utilities*, École des Hautes Études Commerciales, Montreal.

Cardoso e Cunha, A. (1994), *Energy Policy – The European Community Dimension*, in: (ed.) David S Mac Dougall & Thomas W Wälde, *European Community Energy Law*, London: Graham & Trotman / Martinus Nijhoff.

Cabral L.(1994), *Economia Industrial*, McGraw-Hill

Caves, D.W., Christensen, L.R.&Diewer, W.E.(1982): The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, 50, pp.1393-1414.

Charnes, A.,W.W.Cooper, Rhodes E., (1978), Measuring the efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research* 2, pp. 429-444.

Cheshire J.(1997), Reform of UK Electricity Regulation, *The Business Economist*, Vol. 28, n ° 2, pp. 31-41.

Coelli, T. (1996), A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England, Australia.

Edwardes-Evans H., Plaskett L.& Bogle S. (1998), *ELECTRICITY IN EUROPE - Into the single market*, Vol. 1, Financial Times Energy, London.

Jonhson D. & McCann K. (1998), *EU Energy Policy - An evolving agenda*, Financial Times Energy, London.

Färe R., Logan J. (1986) Regulation, scale and productivity – a comment, *International Economic Review*, pp. 777-781.

FäreR.,Grosskopf S.(1990), Productivity Growth in Illinois electric Utilities, *Resource and Energy Economics*, 12, pp. 383-398.

Färe R., Grosskopf S. (1994) Understanding the Malmquist productivity index, Discussion Paper Series N° 94-05, *Department of Economics Southern Illinois University Carbondale*, pp. 2-5.

Färe R., Grosskopf S., Lovell S. (1985) *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer-Nijhoff publishing, Boston.

Førsund F. R., Kittelsen S.A.C., (1998), Productivity development of Norwegian electricity distribution utilities. *Resource and Energy Economics*, 20, pp. 207-224.

Green R., McDaniel T. (1998), Competition in Electricity Supply: Will '1998' be worth it ? , *Center for Economic Policy Research*, Discussion Paper No. 1814

Grosskopf S. (1993), Efficiency and Productivity, in: Harold Fried, C. A. Knox Lovell, Shelton S. Schmidt (ed.), *The Measurement of Productivity Efficiency – Techniques and Applications*, Oxford: Oxford University Press.

Howard, K. (1997), *The European Regulatory Calendar Notes, Gas & Electricity*, London: Arthur Anderson, 1997.

Hjalmarsson L., Veiderpass A. (1992) Productivity in Swedish electricity retail distribution, *Scandinavian Journal of Economics*, 94, pp. 193-205.

Hunt S., Shuttleworth G. (1996), *Competition and Choice in Electricity*, John Wiley & Sons.

Jacques Percebois (1989), *Economie de l'Energie*, Economica,

Kittelsen S.A.C.. (1993), *Stepwise DEA*. Choosing variables for measuring technical efficiency in Norwegian electricity distribution. *Memorandum* N° 6/93 from the Department of Economics, University of Oslo.



Kittelsen S.A.C.. (1998), *Using Data Envelopment Analysis to Measure Production Efficiency in the Public Sector*, Okonomiske Doktoravhandling, Nr. 45, University of Oslo.

Huncher, L. (1994), European Energy Law, Changing Concepts and Pervasive Principles, in: David S Mac Dougall & Thomas W Wälde (ed.), *European Community Energy Law*, London: Graham & Trotman / Martinus Nijhoff.

Mac Dougall, David S. (1994), Introduction - European Community Energy Law in Perspective, in: David S Mac Dougall & Thomas W Wälde (ed.), *European Community Energy Law*, London: Graham & Trotman / Martinus Nijhoff.

Majone G. (1994), The Rise of the Regulatory State in Europe, *West European Politics*, 17, pp. 77-101.

Malmquist, S.(1953) Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística* n°4, pp. 209-242.

Miliotis, P. (1992) Data Envelopment Analysis Applied to Electricity Distribution Districts, *Journal of Operational Research Society*, Vol. 43, No. 5, pp. 549-555.

Pollitt M. (1995), *Ownership and Performance in Electric Utilities*, Oxford University Press.

Selznick, P. (1985), Focusing Organizational Research on Regulation, in R. G. Noll (ed.), *Regulatory Policy and Social Sciences*, Berkeley and Los Angeles: Univ. of California Press, pp.363-367.

Shepherd W. G. (1990), *The Economics of Industrial Organisation*, Prentice-Hall, Inc.

Weyman-Jones T. (1991), Productive efficiency in a regulated industry. The area electricity boards of England and Wales, *Energy Economics*, pp. 116-122.

Weyman-Jones T. (1998), *Recent Developments in Electricity Regulation in England & Wales*, Entidade Reguladora do Sector Eléctrico, Setembro 1998.

Zhang Y., Bartels R., (1998), *The Effect of Sample Size on the Mean Efficiency in DEA with an Application to Electricity Distribution in Australia, Sweden and New Zealand*, *Journal of Productivity Analysis*, 9, pp.187-194.