





Data Envelopment Analysis – DEA, a ferramenta de benchmarking do Setor de Energia Elétrica Brasileiro

Ana Lúcia Miranda Lopes, Dra.
Analopes.ufmg@gmail.com




Agenda 17 e 18/09/2013


2

- Benchmarking
- Produtividade e Eficiência
- DEA como ferramenta de benchmarking
- DEA pressupostos, construção do conhecimento
- DEA, modelagem
- Contextualização: DEA no cálculo do custo operacional eficiente das empresas de transmissão de energia elétrica brasileiras.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




Perguntas frequentes:




3

- Está a empresa fazendo o melhor uso de seus recursos?
- É possível produzir mais utilizando as mesmas quantidades de recursos? Se sim, quais produtos e quanto mais?
- Pode a firma economizar nos recursos utilizados? Se sim, quais recursos e em quanto?
- Está a firma no tamanho correto? Se não, está muito grande ou muito pequena?

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Benchmarking

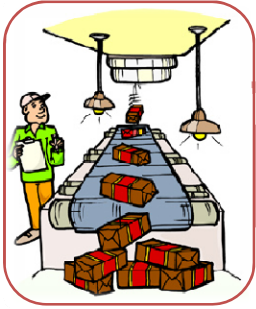


4

- Avaliação do desempenho relativo ou benchmarking é a comparação sistemática do desempenho de uma firma contra outras firmas(BOGETOFT, 2011)
 - INTRA-ORGANIZACIONAL
 - INTER-ORGANIZACIONAL
 - LONGITUDINAL – desempenho de uma ou mais firmas é comparado ao longo do tempo
- Objetivo:
 - APRENDER COM A MELHOR PRÁTICA
 - IDENTIFICAR FALHAS E POSSIBILIDADES DE MELHORIAS

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

5



Benchmarks

Units or processes that have higher values serve to stimulate the **improvement** of others as benchmarks, or goals to be achieved in the company (KOZYREFF FILHO e MILIONI, 2004).

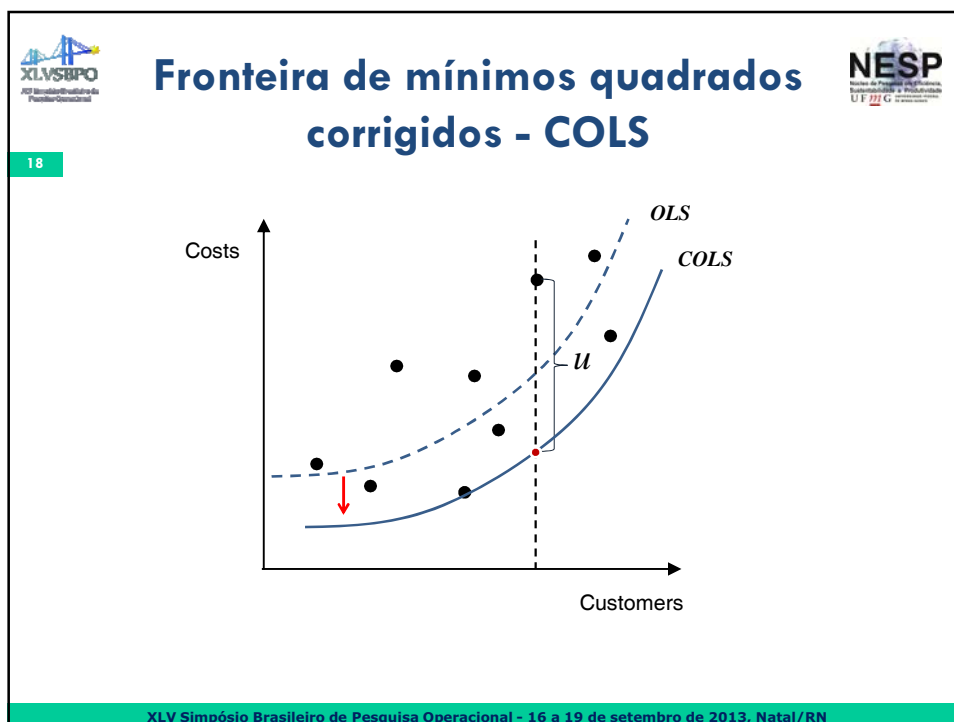
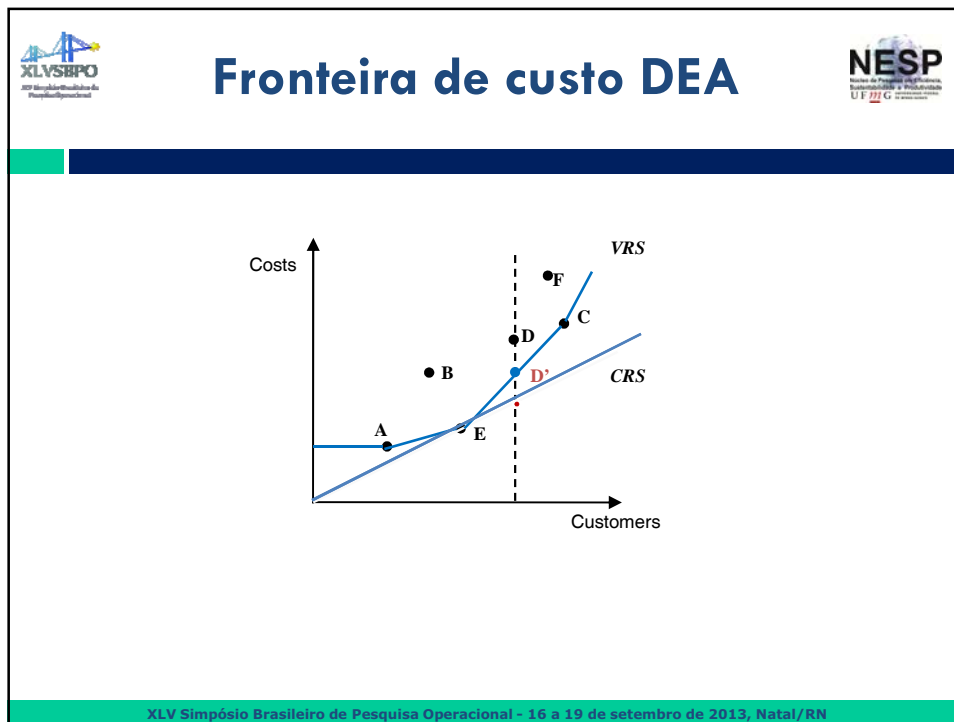
XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

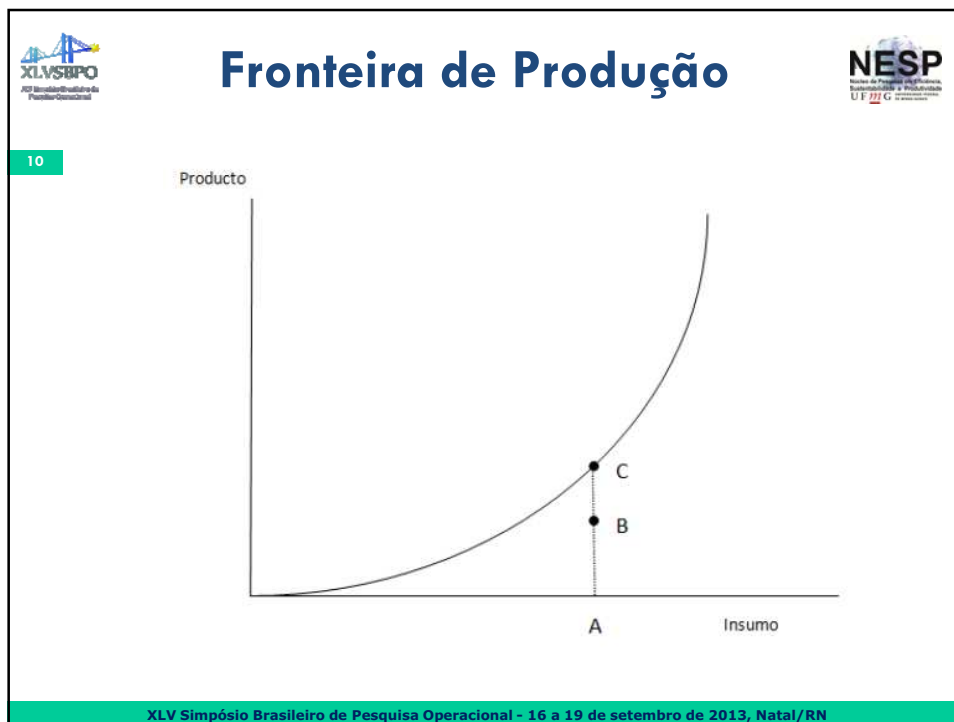
6


Metodologias de Benchmarking

	Não Paramétricas	Paramétricas	Semi-paramétricas
Fronteira	Análise Envolvente de Dados (DEA)	Análise de Fronteira Estocástica (SFA) Mínimos Quadrados Corrigidos (MQC)	DEA em dois e/ou três etapas
Eficiência Média		Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)	


XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN







Fronteira de Produção




11


Função de produção: É o máximo nível de produto dados os insumos ou mínimo nível de insumos dado o nível de produto. $E = f(x)$.

- A diferença em relação ao nível de produto atingido pela empresa se denomina ineficiência técnica (não há conduta maximizadora);
- Dificuldade de dispor das quantidades físicas discriminadas dos insumos;
- Permite incluir somente um produto;

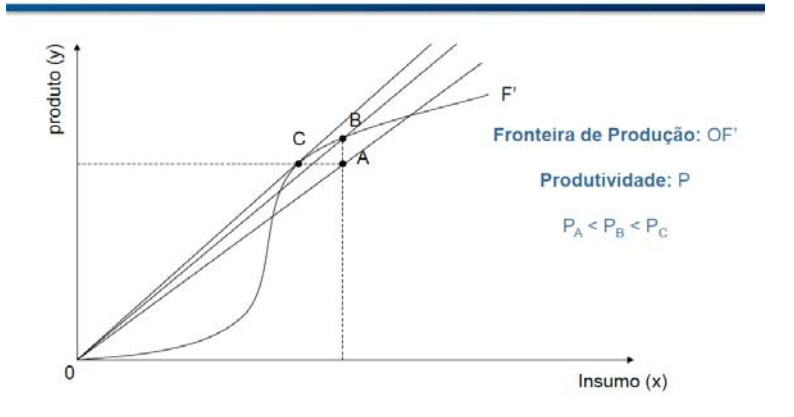
XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Produtividade e Eficiência





12



Fronteira de Produção: OF'
 Produtividade: P
 $P_A < P_B < P_C$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





13

Ineficiência técnica é a diferença entre o comportamento eficiente das firmas, assumido ou implicado pela teoria econômica, e seu comportamento observado na prática.

A eficiência técnica não é alcançada, muitas vezes, devido à ausência de pressão competitiva – monopólio natural de distribuição de energia → regulador

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





14

Data Envelopment Analysis - DEA

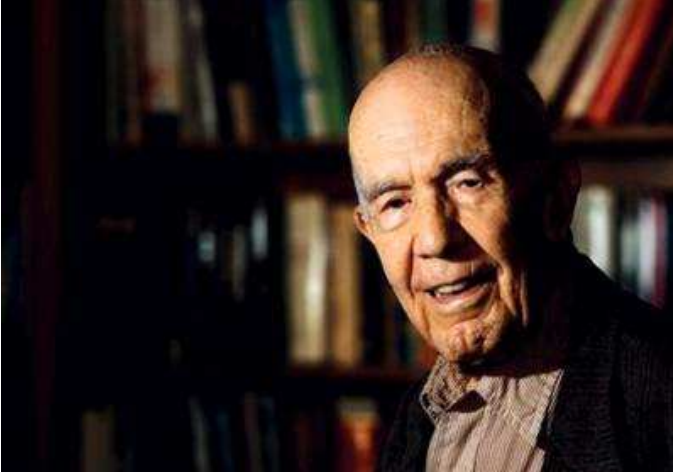
- Em 1978, CHARNES, COOPER E RHODES(CCR) construíram um modelo de programação matemática para avaliação empírica da eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão(DMUs) com base nas quantidades observadas de insumos e produtos para um grupo similar de DMUs operando, globalmente, sob retornos constantes à escala.
- Nominaram esta abordagem como **Data Envelopment Analysis (DEA)**
- Banker (1980) e Banker, Charnes e Cooper (1984) (BCC) proveram um *link* formal entre DEA e a estimação de fronteiras de produção eficiente estendendo o modelo de retornos constantes a escala para retornos variáveis a escala.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





WILLIAM W. COOPER
(1914-2012)

15




Founder of Data Envelopment Analysis

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




**Rajiv Banker, Presidente da International DEA
Society, Temple University, USA**


16



XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Vantagens de DEA sobre outras metodologias de Benchmarking



17

- Trabalha com múltiplos produtos e múltiplos insumos para os quais se tem dificuldade de alocar preços ou pesos;
- Fornece uma medida da eficiência global de cada unidade analisada;
- Identifica a melhor prática (*Benchmarking*);
- Fixa metas;
- Permite trabalhar com I e O em diferentes unidades de medida.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




DEA no Setor Elétrico





- Áustria
- Bélgica
- Alemanha
- Holanda
- Eslovênia
- Island
- Finlândia
- Brazil
- Colômbia e México

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





Parte da definição da tecnologia






Insumos/Recursos






Produtos/Serviços

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Pressupostos de DEA




□ As unidades (DMU's) são homogêneas

↓


Utilizam os mesmos insumos
na produção dos mesmos produtos

APRESENTAM A MESMA TECNOLOGIA

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





Pressupostos de DEA



21

- Todos os pares de inputs-output observados são combinações viáveis;
- **O conjunto de possibilidades de produção é convexo**, ou seja, se dois pares (x_A, y_A) e (x_B, y_B) são conjuntos viáveis então a combinação convexa entre eles (x_c, y_c) é também viável. Entende-se aqui por combinação convexa uma média ponderada tal como:
- $(x_c, y_c) = x_c \lambda x_A + (1-\lambda)x_B$ e $y_c = \lambda y_A + (1-\lambda)y_B$

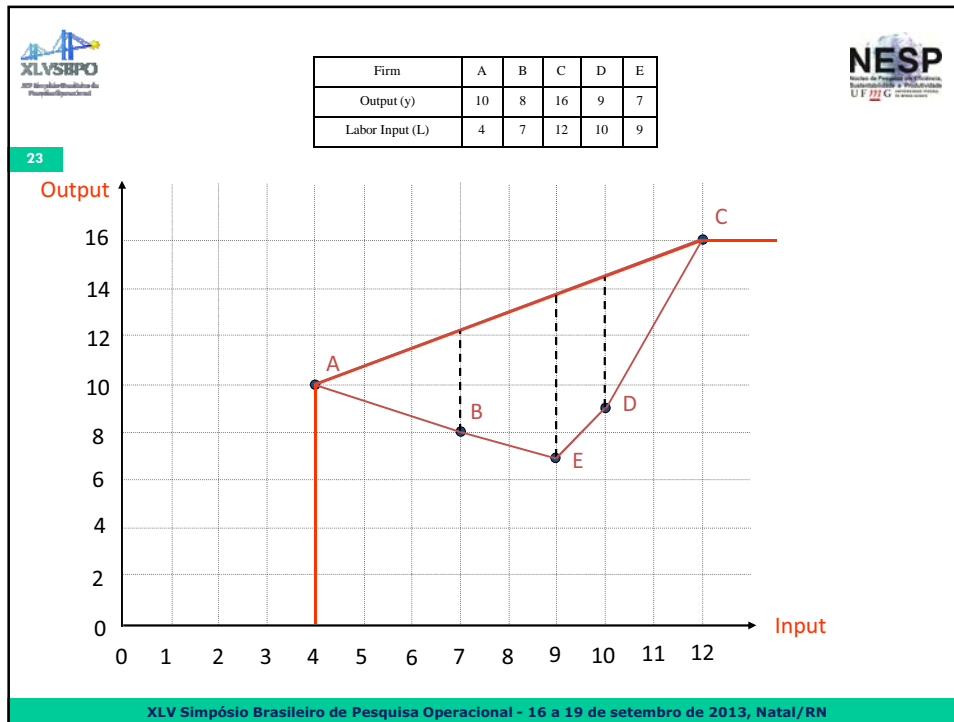
XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

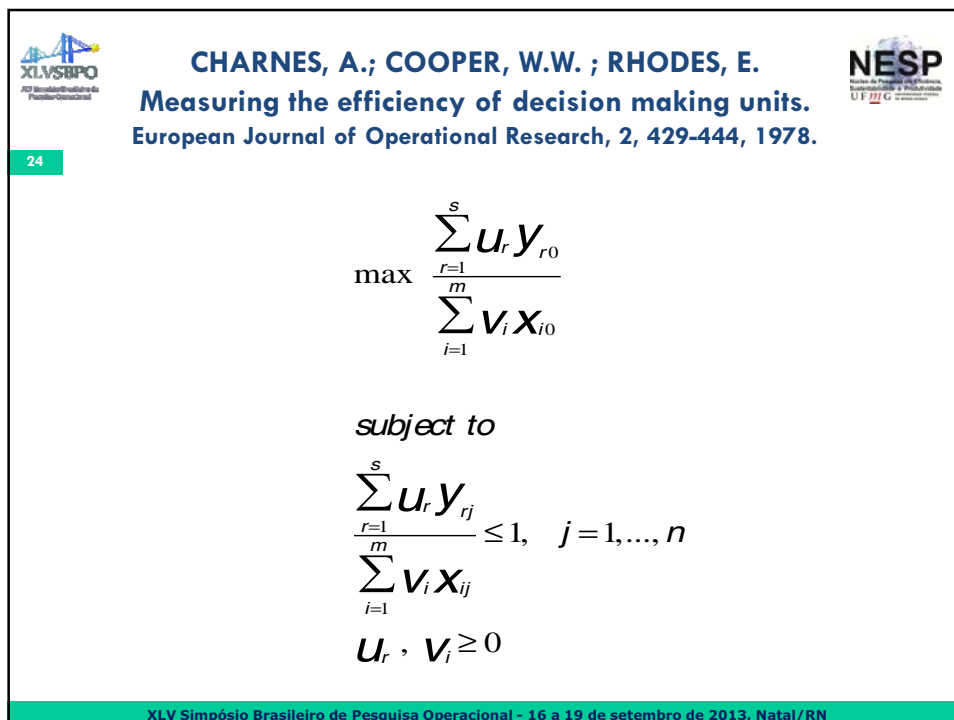



22

- free disposability of inputs, ou seja, se (x_0, y_0) é viável então qualquer par (x, y_0) tal que $x \geq x_0$ é também viável;
- free disposability of outputs, ou seja, se (x_0, y_0) é viável então qualquer par (x_0, y) tal que $y \leq y_0$ é também viável;

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





24

CHARNES, A.; COOPER, W.W. ; RHODES, E.
Measuring the efficiency of decision making units.
European Journal of Operational Research, 2, 429-444, 1978.


$$\max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

subject to


$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





Notação



25

- $J \rightarrow$ associado à DMU J ($J=1, \dots, n$)
- $X_{ij} \rightarrow$ quantidade consumida do recurso/insumo i ($i=1, \dots, m$) pela DMU j
- $Y_{rj} \rightarrow$ quantidade produzida do produto r ($r=1, \dots, s$) pela DMU j
- $DMU_0 =$ DMU sob análise que consome x_{i0} quantidades do recurso i para produzir y_{r0} quantidades do produto r .
- u_r e $v_i =$ pesos dados ao output r e input i pela DMU que está tendo seu escore de eficiência calculado


XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN


26

- **Modelo orientado insumo:** verifica se a DMU pode reduzir sua utilização de recursos(insumos) enquanto mantém a produção no mesmo nível
- Se $\Theta^*=1$, então o nível atual de recursos não pode ser reduzido(proporcionalmente) indicando que a DMU está sob a fronteira; $\Theta^*<1 \rightarrow$ DMU ineficiente

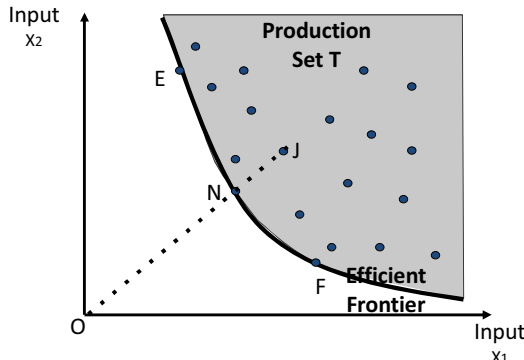
XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Projeção na orientação input




27




E,F...efficient firms
J...inefficient firm
Input Inefficiency $\vartheta_j = ON/OJ \leq 1$

Farrell (*Journal of the Royal Statistical Society*, 1957)

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



DEA Charnes, Cooper e Rhodes, 1978 Retornos constantes à escala



28

MODELO DOS MULTIPLICADORES
ORIENTADO A INSUMO

$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

MODELO DO ENVELOPAMENTO
ORIENTADO A INSUMO

Min θ



subject to

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r=1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN






29

Modelo orientado produto: verifica se a DMU pode aumentar as quantidades produzidas de produto mantendo a utilização de recursos (insumos) constante.

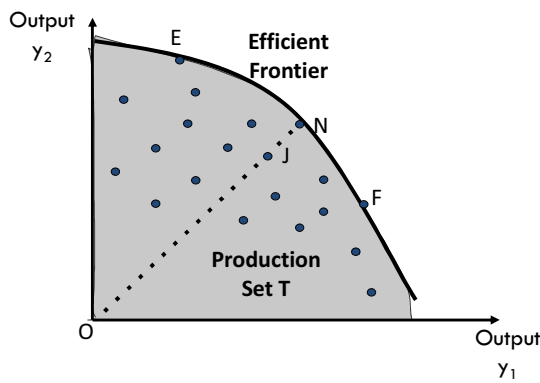
▣ Se $\theta^*=1$, então o nível atual de produtos não pode ser aumentado(proporcionalmente) indicando que a DMU está sob a fronteira; $\theta > 1$, DMU ineficiente

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

30


Projeção na orientação produto




E,F...efficient firms
J...inefficient firm
Output Inefficiency $\vartheta_j = ON/OJ \geq 1$

Banker (Harvard, 1980)

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





DEA CCR - Retornos constantes à escala



MODELO DOS MULTIPLICADORES ORIENTADO À EXPANSÃO DE PRODUTOS	MODELO DO ENVELOPAMENTO ORIENTADO À EXPANSÃO DE PRODUTOS
$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$ <p><i>subject to</i></p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j=1, \dots, n$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$ $u_r, v_i \geq 0$	<p><i>Max</i> ϕ</p> <p><i>subject to</i></p> $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \phi x_{i0}, \quad i=1, 2, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{r0}, \quad r=1, 2, \dots, s$ $\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$

<http://www.jstor.org/pss/2631725>

32

- DMU₀ é **eficiente** (100%) se e somente se satisfizer as seguintes condições:

$$\theta^* = 1 (\phi = 1) \text{ e todas as folgas } \mathbf{s}_r^{-*} = \mathbf{s}_r^{+*} = 0$$

- DMU₀ é **fracamente eficiente** se e somente se

$$\theta^* = 1 (\phi = 1) \text{ e } \mathbf{s}_r^{-*} \neq 0 \text{ e/ou } \mathbf{s}_r^{+*} \neq 0$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



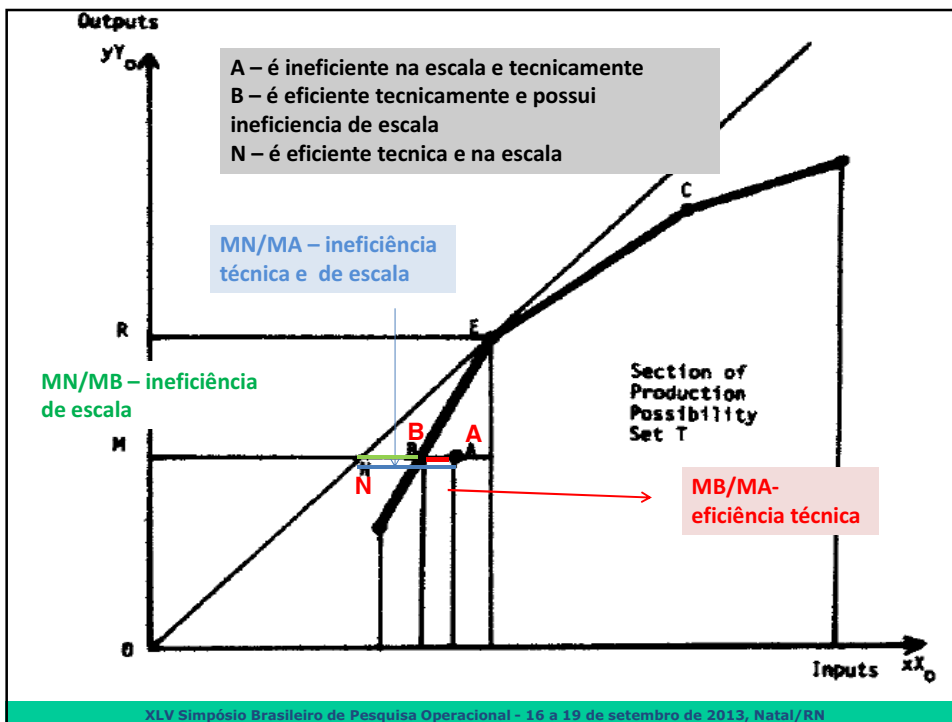
Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. R.D.Banker, A. Charnes and W.W. Cooper, Management Science, vol. 30, No. 9, September 1984. (pag. 1088)



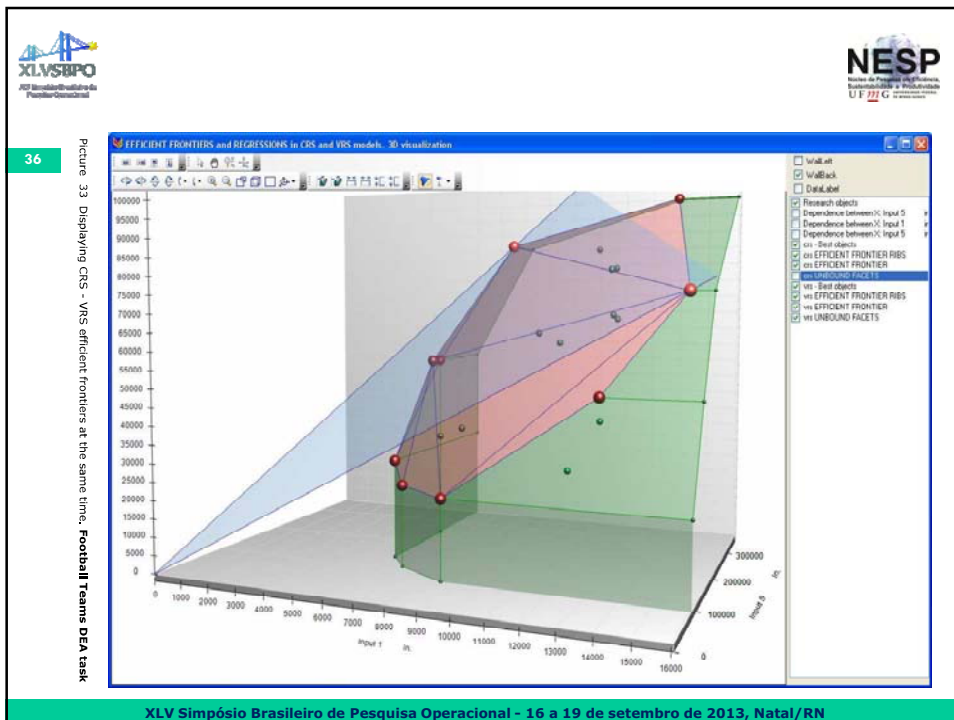
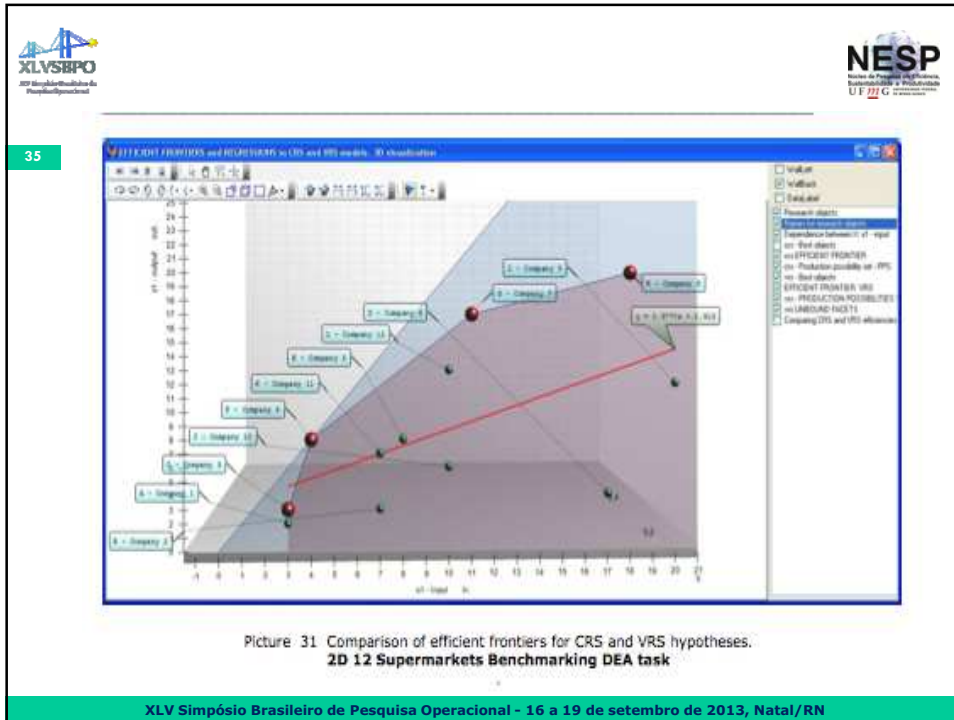
33


“in this paper we have provided models for estimating technical and scale efficiencies of decision making units with reference to the efficient production frontier. The LP problems in (14) and (15) – CCR models – are employed to estimate the overall technical and scale efficiencies of a DMU. The LP formulations in 19A and 20A -) – BCC models – take into account the possibility that the average productivity at the most productive scale size may not be attainable for other scale sizes at which a particular DMU may be operating. These formulations estimate the pure technical efficiency of a DMU at the given scale of operation. “

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





Retornos de Escala



37

- ▣ Se insumo varia em βx
- ▣ Produto varia em δy

RETORNOS DE ESCALA CONSTANTE - CRS

$\beta = \delta$

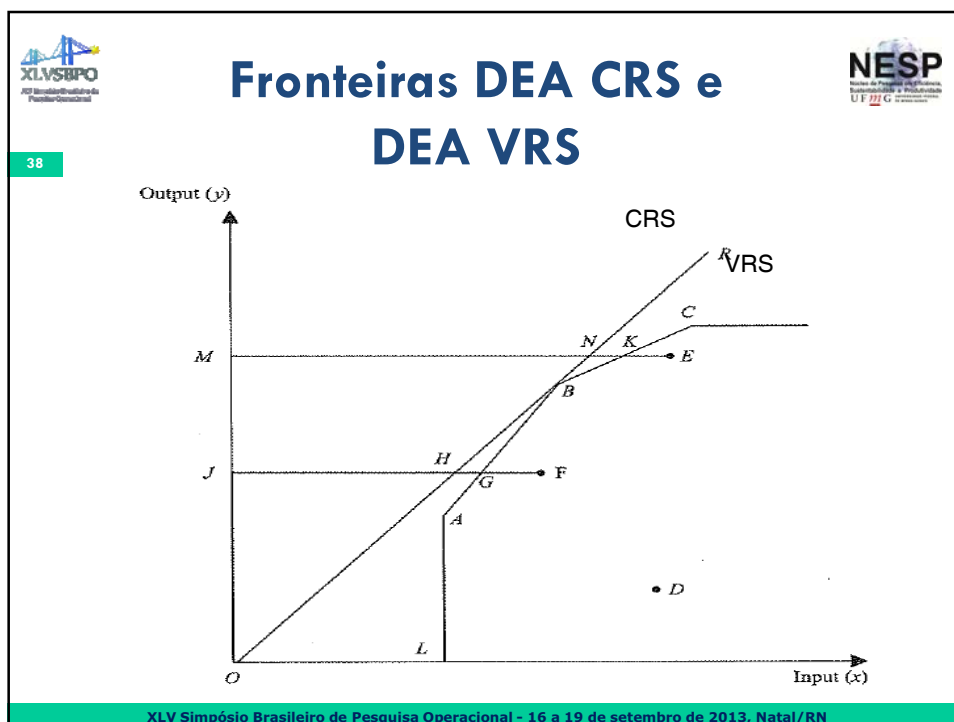
RETORNOS DE ESCALA CRESCENTE - IRS

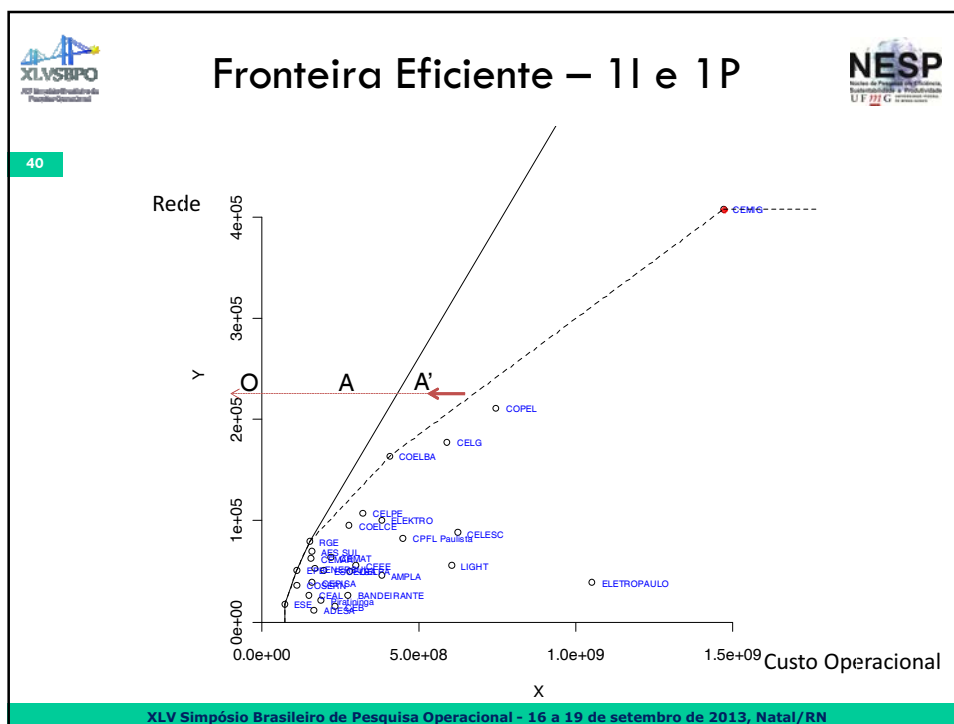
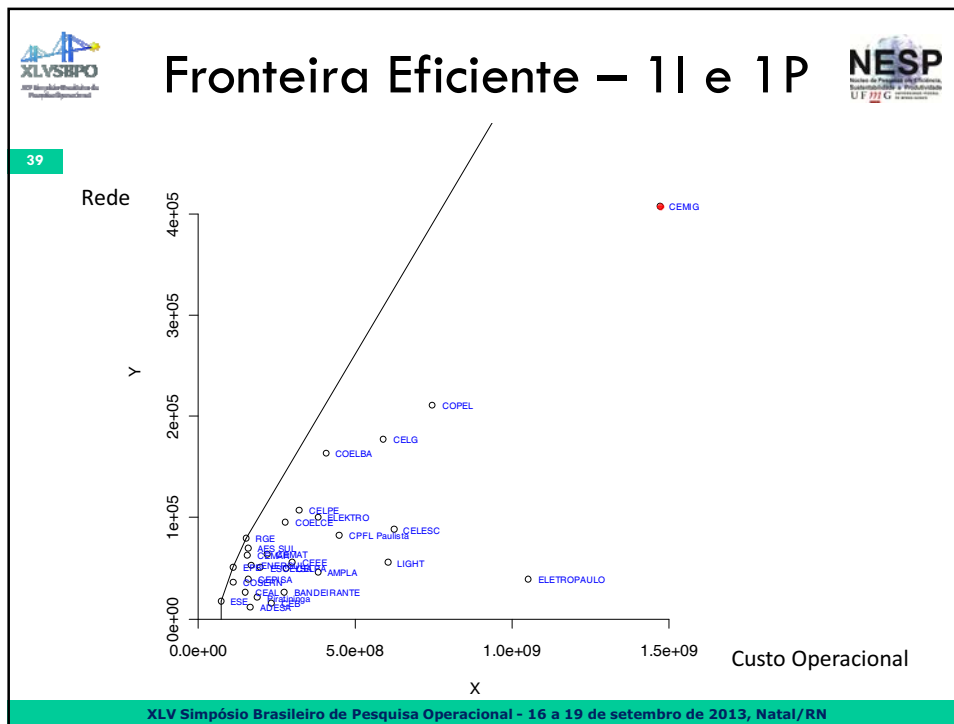
Se β e δ aumentam então $\rightarrow \delta > \beta$
Se β e δ diminuem $\rightarrow \delta < \beta$

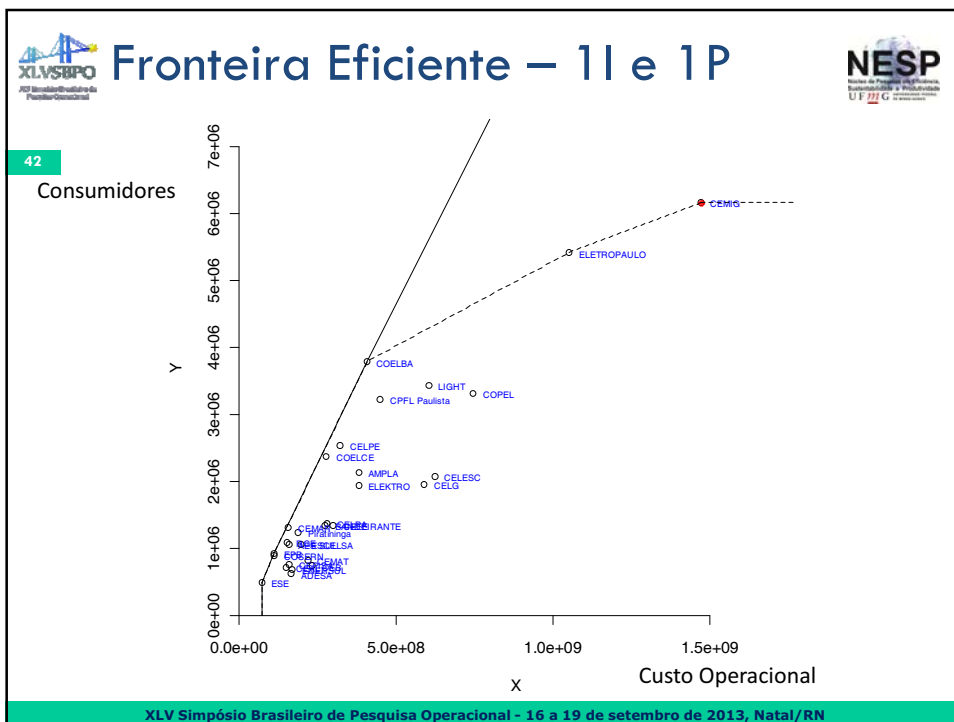
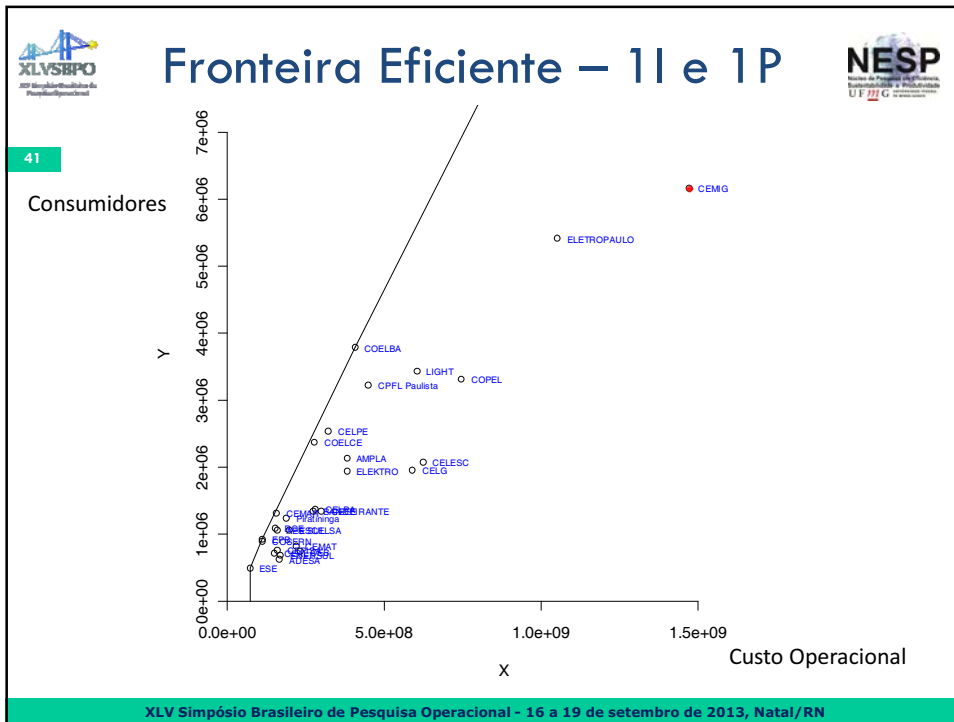
RETORNOS DE ESCALA DECRESCENTE - DRS


Se β e δ aumentam então $\rightarrow \delta < \beta$
Se β e δ diminuem $\rightarrow \delta > \beta$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN










DEA Banker, Charnes e Cooper, 1984

Retornos variáveis à escala



43

MODELO DOS MULTIPLICADORES
ORIENTADO À REDUÇÃO DE INSUMO

$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$u_r \text{ livre em sinal}$$

<http://www.jstor.org/pss/2631725>

MODELO DO ENVELOPAMENTO
ORIENTADO À REDUÇÃO DE INSUMO

Min θ

subject to


$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r=1, 2, \dots, s$$


$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Fronteiras DEA e Modelos RTS



44

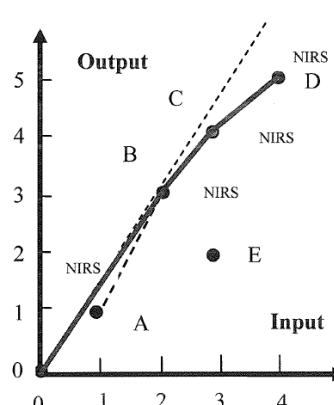
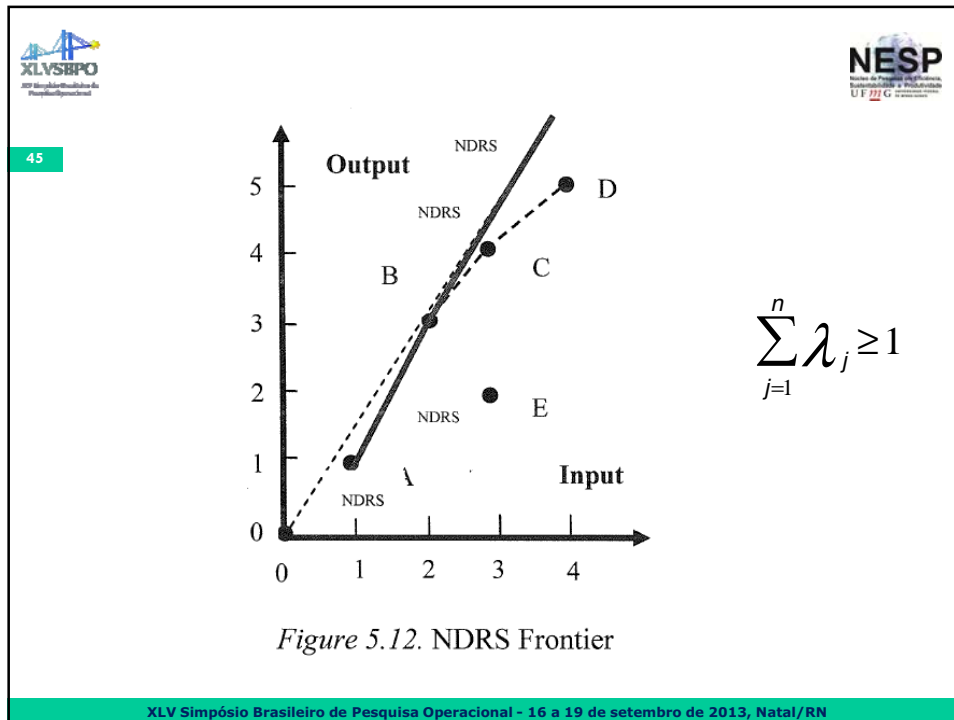


Figure 5.11. NIRS Frontier

$$0 \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j \leq 1$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



46

Cálculo das metas



META ORIENTADO INSUMO

$$\left\{ \begin{aligned} \hat{x}_{i0} &= \theta^* x_{i0} - s_i^- = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i=1,2,\dots, m \\ \hat{y}_{r0} &= y_{i0} + s_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij}, r=1,2,\dots, s \end{aligned} \right.$$

META ORIENTADO PRODUTO

$$\left\{ \begin{aligned} \hat{x}_{i0} &= x_{i0} - s_i^- = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i=1,2,\dots, m \\ \hat{y}_{r0} &= \phi y_{i0} + s_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij}, r=1,2,\dots, s \end{aligned} \right.$$

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN






47

Renovação Antecipada das Concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil MP 579/2012 e Lei 12.783/2012

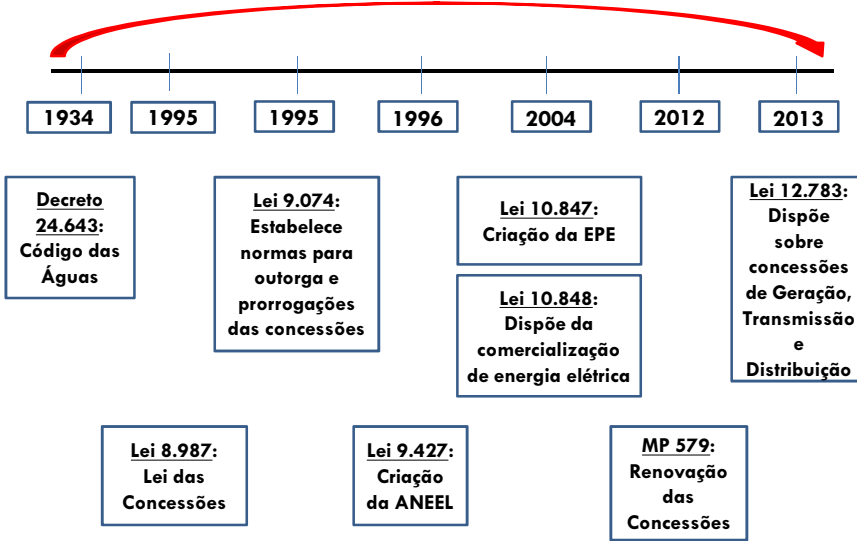
22.01.2013

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN


48

História da regulação do setor de energia elétrica no Brasil




1934	1995	1995	1996	2004	2012	2013
Decreto 24.643: Código das Águas	Lei 9.074: Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões	Lei 8.987: Lei das Concessões	Lei 9.427: Criação da ANEEL	Lei 10.847: Criação da EPE Lei 10.848: Dispõe da comercialização de energia elétrica	MP 579: Renovação das Concessões	Lei 12.783: Dispõe sobre concessões de Geração, Transmissão e Distribuição

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



A Lei 12.783/13 e seus impactos nas tarifas de Energia Elétrica



49

No segmento industrial, a tarifa apresenta a seguinte decomposição

Componente	Peso(%)
Custos de Geração, Transmissão e Distribuição ("GTD")	50,3
Perdas (técnicas e não técnicas)	1,1
Encargos Setoriais	17,1
Tributos Federais e Estaduais (PIS/COFINS e ICMS)	31,5

Fonte: Aneel (2011) / Análise: Rio Bravo

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



MP 579/2012 convertida na Lei n.º12.783/2013




50

Engloba contratos de Geração, Transmissão e Distribuição


Tarifas para remunerar apenas operação e manutenção

Nem todos os investimentos não amortizados serão indenizados

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Renovação Antecipada das Concessões



51

- Todas as empresas de geração e transmissão com concessões a vencer de 2013 a 2017 tiveram sua renovação antecipada sob novas regras;
- A partir desta renovação, que seria opcional para as empresas, todas seriam indenizadas pelos ativos não depreciados e tinham como remuneração o custo operacional calculado por DEA + 10%.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Histórico de valor de ações elétricas



52


IEE 15:24 - 13/06/2013 (Delay de 15 minutos)

dia 5 dias 1 mês 3 meses ano 12 meses




11 de setembro de 2012: Divulgação da MP 579/2012

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




Aplicações de modelo DEA impactam as receitas do setor de transmissão desde 2007




Histórico das aplicações de DEA na transmissão:

	2007	2010	2012
Ocasião	1° Revisão Tarifária	2° Revisão Tarifária	Renovação das concessões
Escopo	Ativos de 2000 até 2005. (abrange cerca de 1,6% da receita do setor de transmissão)	Ativos de 2000 até 2009. (abrange cerca de 2% da receita do setor de transmissão)	Quase todos os ativos. (abrange cerca de 98% da receita do setor de transmissão)
Metodologia	DEA + ajuste para deixar as empresas entre 80 e 100%	DEA em dois estágios.	DEA + ajuste baseado no critério de qualidade adotado para as empresas

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




As variáveis utilizadas para os modelos DEA de 2007 e 2010 foram as mesmas




	2007	2010
<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">1° Estágio</div>	Input: <ul style="list-style-type: none"> Custo Operacional (OPEX) Output: <ul style="list-style-type: none"> Potência MVA; Número de Transformadores; Número de módulos; Comprimento da linhas. 	Input: <ul style="list-style-type: none"> Custo Operacional (OPEX) Output: <ul style="list-style-type: none"> Potência MVA; Número de Transformadores; Número de módulos; Comprimento da linhas.
<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">2° Estágio</div>	Nenhum (houve um ajuste para deixar as empresas entre 80 e 100%).	Regressão Tobitt usando salário, dispersão de rede e nível de tensão das redes como variáveis ambientais.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



O Modelo DEA utilizado em 2012:



55 Retornos Constante de Escala (CRS)

- "...devemos ser criteriosos quando escolhemos um modelo restritivo (VRS) num universo pequeno de empresas, caso contrário nós poderíamos reconhecer uma empresa eficiente por default."
- Apenas para empresas que operam em ambos os setores (geração e transmissão) foi aplicado retornos crescentes de escala.


Orientado à Insumo

- O objetivo foi o de reduzir o custo operacional.


Dados em Painel

- Dados das 8 empresas nos últimos 5 anos= 40 DMU's

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



As variáveis do modelo DEA aplicado em 2012 foram as mesmas exceto pelo comprimento das linhas, que foi desagregado por nível de tensão.



56

Input

- Custo Operacional (OPEX)



Output

- Potência MVA;
- Numero de Transformadores;
- Número de módulos;
- Comprimento da linhas desagregado por nível de tensão

} Restrição aos pesos

Total de 9 Outputs

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

Modelo DEA CCR(CRS) sem restrição aos pesos (NT 383/2012 – SRE/ANEEL)

$Max\ Ef(1) = [u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + u_{RD(1)} * y_{RD(1)}]$
 sujeito à

Empresa1) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + u_{RD(1)} * y_{RD(1)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(1)}] \leq 1$

Empresa2) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(2)} + u_{TR(1)} * y_{TR(2)} + u_{MO(1)} * y_{MO(2)} + u_{RD(1)} * y_{RD(2)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(2)}] \leq 1$



...

Empresan) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(n)} + u_{TR(1)} * y_{TR(n)} + u_{MO(1)} * y_{MO(n)} + u_{RD(1)} * y_{RD(n)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(n)}] \leq 1$

$u_{MVA(1)}, u_{TR(1)}, u_{MO(1)}, u_{RD(1)}, v_{OPEX(1)} \geq 0$

Onde:
 u_{MVA}, u_{TR}, u_{MO} = peso dado à potência MVA, número de transformadores e módulos
 $u_{(1)}, u_{(2)}, u_{(3)}, u_{(4)}, u_{(5)}$ = peso dado à extensão de rede 600-765, 440-525, 325, 230, 138 e 69-88
 $v_{OPEX(j)}$ = peso do OPEX
 y_{ij} = Quantidades de MVA, TR, MO e redes da empresa j ; $x_{OPEX(j)}$ = valor do custo operacional da empresa j

Núcleo de Pesquisas em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade - NESP






58

□ Exemplo -- planilha

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

Metodologia

47. As unidades modulares que propomos para representar o produto das transmissoras são as descritas na tabela abaixo:

59 Fls. 8 Nota Técnica nº 383/2012 – SRE/ANEEL, de 24 de outubro de 2012.



Tabela 3: Unidades Modulares Representativas do Produto

Produtos	Variáveis
<u>Linhas de Transmissão</u>	Comprimento de rede (km) – 600 à 765 kV
	Comprimento de rede (km) – 440 à 525 kV
	Comprimento de rede (km) – 325 kV
	Comprimento de rede (km) – 230 kV
	Comprimento de rede (km) – 138 kV
Módulos de Manobra	Comprimento de rede (km) – 69 à 88 kV
	Somatório do número de módulos: EL, CT e IB
Módulos de Equipamentos	Quantidade de transformadores
	Capacidade instalada de transformação (MVA)

48. No que tange a variável Comprimento de Rede (km), a operação e manutenção de redes de diferentes níveis de tensão pode se diferenciar bastante na frequência das atividades, número de equipes e custos com materiais. Assim, foram consideradas as redes, desagregadas por nível de tensão, conforme tabela 2³. Porém, os pesos atribuídos a cada km de rede no modelo foram limitados segundo estimativas acerca dos custos relativos por nível de tensão.

A NT não informa como foi considerada a variável TENSÃO

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





No rodapé (fls. 8, NT 383/2012)


60

- “ A alternativa adotada foi considerar a variável comprimento de rede(km) separada por nível de tensão, mas considerando que os pesos de cada uma dessas variáveis variam em faixas pré-definidas de valores, **como uma forma de impedir que determinados níveis de tensão recebam pesos zero ou que a eficiência de uma determinada empresa seja alcançada quase que exclusivamente devido à uma única variável.** Na prática usou-se o modelo DEA com restrições de pesos”.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN




Em consulta à ANEEL Furnas obtive as seguintes informações referentes aos pesos considerados para ponderação dos níveis de tensão:




61

GRUPO	NÍVEL DE TENSÃO	RELAÇÃO MÉDIO ESPERADA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	RESTRIÇÃO
GRUPO 1	765kV	1,31	1,047	1,570	C2
	750 kV				
	600 kV				
GRUPO 2	525 kV	1,26	1,007	1,510	C3
	500 kV				
	440kV				
GRUPO 3	345 kV	1,15	0,917	1,376	C4
GRUPO 4	230 kV	1,00	0,800	1,200	C5
GRUPO 5	138 kV	0,85	0,680	1,020	C6
GRUPO 6	88 kV	0,74	0,590	0,885	C7
	69 kV				




Os estudos internos para a determinação dos valores acima não foram disponibilizados pela ANEEL, nem solicitados pelas empresas, levam em consideração duração e frequência de falhas e custos das manutenções exigidas pelas Linhas de Transmissão.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



As restrições aos pesos foram aplicadas ao comprimento das linhas.



Restrição aos Pesos

- Quanto maior o nível de tensão, maior são os custos associados.

OUTPUT	NÍVEL DE TENSÃO	RELAÇÃO ESPERADA	LIMITE INFERIOR (-20%)	LIMITE SUPERIOR (+20%)
1	600-765 kV	1,31	1,05	1,57
2	440-525 kV	1,26	1,01	1,51
3	345 kV	1,15	0,92	1,38
4	230 kV	1,00	0,80	1,20
5	138 kV	0,85	0,68	1,02
6	69-88 kV	0,74	0,59	0,88


$\frac{\text{Peso do Output 1}}{\text{Peso do Output 4}} \geq 1,05$

$\frac{\text{Peso do Output 1}}{\text{Peso do Output 4}} \leq 1,57$

↓

Cada nível de tensão implica em duas restrições.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Restrições aos pesos utilizadas na Nota Técnica nº 383/2012 – SRE/ANEEL Transmissão






Tabela 6 – Relações de Pesos Atribuídos os Produtos Relacionados com Nível de Tensão

$1,05 \leq \frac{u_{(600-765)}}{u_{(230)}} \leq 1,57$	$u_{(600-765)} \geq 1,05 u_{(230)}$ $u_{(600-765)} \leq 1,57 u_{(230)}$	(1)
$1,01 \leq \frac{u_{(440-525)}}{u_{(230)}} \leq 1,51$	$u_{(440-525)} \geq 1,01 u_{(230)}$ $u_{(440-525)} \leq 1,51 u_{(230)}$	(2)
$0,98 \leq \frac{u_{(345)}}{u_{(230)}} \leq 1,38$	$u_{(345)} \geq 0,92 u_{(230)}$ $u_{(345)} \leq 1,38 u_{(230)}$	(3)
$0,68 \leq \frac{u_{(138)}}{u_{(230)}} \leq 1,02$	$u_{(138)} \geq 0,68 u_{(230)}$ $u_{(138)} \leq 1,02 u_{(230)}$	(4)
$0,59 \leq \frac{u_{(69-88)}}{u_{(230)}} \leq 0,88$	$u_{(69-88)} \geq 0,59 u_{(230)}$ $u_{(69-88)} \leq 0,88 u_{(230)}$	(5)

Núcleo de Pesquisas em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade - NESP



Modelo DEA CCR com restrição aos pesos (NT 383/2012 – SRE/ANEEL)



64

$Max Ef(1) = [u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + \sum_{r=1}^6 u_{(r)(1)} * y_{(r)(1)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(1)}]$

sujeito à

Empresa1) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + \sum_{r=1}^6 u_{(r)(1)} * y_{(r)(1)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(1)}] \leq 1$

Empresa2) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(2)} + u_{TR(1)} * y_{TR(2)} + u_{MO(1)} * y_{MO(2)} + \sum_{r=1}^6 u_{(r)(1)} * y_{(r)(2)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(2)}] \leq 1$

...

Empresan) $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(n)} + u_{TR(1)} * y_{TR(n)} + u_{MO(1)} * y_{MO(n)} + \sum_{r=1}^6 u_{(r)(1)} * y_{(r)(n)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(n)}] \leq 1$

C2) $u_{(1)(1)} \geq 1,05 u_{(4)(1)}$
C2) $u_{(1)(1)} \leq 1,57 u_{(4)(1)}$
C3) $u_{(2)(1)} \geq 1,01 u_{(4)(1)}$
C3) $u_{(2)(1)} \leq 1,51 u_{(4)(1)}$
C4) $u_{(3)(1)} \geq 0,92 u_{(4)(1)}$
C4) $u_{(3)(1)} \leq 1,38 u_{(4)(1)}$
C5) $u_{(5)(1)} \geq 0,68 u_{(4)(1)}$
C6) $u_{(5)(1)} \leq 1,02 u_{(4)(1)}$
C7) $u_{(6)(1)} \geq 0,59 u_{(4)(1)}$
C7) $u_{(6)(1)} \leq 0,88 u_{(4)(1)}$

$u_{MVA(1)}, u_{TR(1)}, u_{MO(1)}, u_{(r)(1)}, v_{OPEX(1)} \geq 0$

Onde:
 u_{MVA} , u_{TR} , u_{MO} = peso dado à potência MVA, número de transformadores e módulos
 $u_{(1)}$, $u_{(2)}$, $u_{(3)}$, $u_{(4)}$, $u_{(5)}$ = peso dado à extensão de rede 600-765, 440-525, 325, 230, 138 e 69-88
 $v_{OPEX(j)}$ = peso do OPEX
 y_j = Quantidades de MVA, TR, MO e redes da empresa j ; $x_{OPEX(j)}$ = valor do custo operacional da empresa j

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Custo operacional ajustado por salário médio da região



65

- Ajuste feito quanto ao salário praticado na região
- Quanto mais alto o salário na região onde atua a empresa mais elevados tendem a ser seus custos operacionais
- Relatório Annual de Informações Sociais – RAIS(2007/2009) – salário praticado pelas empresas prestadoras de serviço das transmissoras.



XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



66

- “A partir desta informação, é possível inferir o impacto na despesa de pessoal caso cada transmissora estivesse exposta ao nível médio salarial praticado no setor. A conta é simples. Para cada aumento de 1% no nível salarial há um aumento de 1% na despesa de pessoal. Assim, caso a empresa atue em uma região cujo salário praticado é 10% inferior à média, sua despesa de pessoal esperada seria 10% superior à altamente praticada caso estivesse exposta ao salário médio do setor”.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN






Salário médio das Prestadoras de Serviço das Transmissoras (RAIS 2007-2009)

67

Empresa	Salário Médio Estimado
CEEE	3.752,95
CEMIG	3.752,54
CHESF	3.623,64
COPEL	3.752,95
CTEEP	4.584,96
ELETRONORTE	3.710,66
ELETROSUL	3.752,95
FURNAS	3.747,74

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN






Resultados de DEA

68

Empresa	Modelo Retornos Crescentes	Modelo Retornos Constantes
CEEE	76%	58%
CEMIG	96%	61%
CHESF	37%	37%
COPEL	83%	46%
CTEEP	96%	96%
ELETRONORTE	33%	27%
ELETROSUL	47%	39%
FURNAS	39%	39%


XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN


69

*“os percentuais de eficiência mostrados na Tabela 6 foram obtidos tendo como referência o nível máximo verificado no setor. Um ajuste possível para que os mesmos reflitam um nível médio de eficiência é somar a cada um deles um percentual fixo, **tal que a eficiência média de todas as empresas passe a ser de 100%.**” (NT 383/2012-SRE/ANEEL, de 24/10/2012, fls. 12). (negrito nosso)*

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



A eficiência média foi de 51%.




70

Empresa	IRS	CRS	Usado
CEEE	76%	58%	58%
CEMIG	96%	61%	61%
CHESF	37%	37%	37%
COPEL	83%	46%	46%
CTEEP	96%	96%	96%
ELTRN	33%	27%	27%
ELTRS	47%	39%	47%
FURNAS	39%	39%	39%


} Média = 51%

CTEEP e ELETROSUL não atuam no setor de Geração, então, para dar-lhes alguma vantagem, a ANEEL calculou suas eficiências usando IRS.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



O Ajuste para a Qualidade




71


*“sugerimos classificar as empresas em 5 grupos de qualidade
Utilizando a razão PV/Receita, conforme tabela abaixo.”
(NT 383/2012, fls. 12, item 58)*

EMPRESA	2009-2010	2010-2011	2011-2012	Média	GRUPO	Ajuste da Eficiência
ELETROSUL	0,14%	0,01%	0,01%	0,05%	1	0,49
CTEEP	-0,11%	-0,21%	0,09%	-0,08%		
COPEL	-0,14%	-0,08%	-0,12%	-0,11%	2	0,39
CEMIG	-0,24%	-0,18%	-0,55%	-0,32%	3	0,29
CEEE	-0,65%	-0,23%	-0,72%	-0,53%		
ELETRONORTE	-1,04%	-0,40%	-0,50%	-0,65%		
CHESF	-0,46%	-0,61%	-1,26%	-0,78%	4	0,19
FURNAS	-1,41%	-1,15%	-1,35%	-1,31%	5	0,1

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



The Regulator uses the DEA's target in order to reduce the company's revenue.

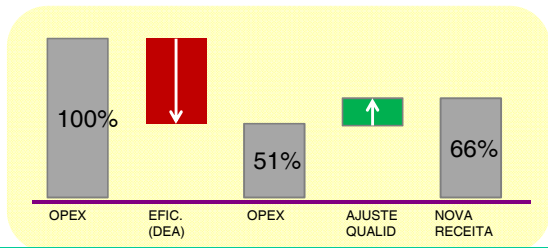


72



US\$ 1.000.000

Empresa	OPEX (2011)	Eficiência (DEA)	Ajuste de Qualidade	Eficiência Total	Nova Receita
CEEE	94,06	58%	19%	77%	72,73
CEMIG	67,12	61%	29%	90%	60,74
CHESF	380,37	37%	19%	56%	211,75
COPEL	56,16	46%	39%	85%	47,47
CTEEP	156,16	96%	39%	135%	210,85
ELETRONORTE	247,03	27%	19%	46%	112,92
ELETROSUL	173,06	39%	49%	88%	152,77
FURNAS	522,37	39%	10%	49%	257,45
TOTAL	1.696,35	51%	28%	66%	1.126,69

A eficiência média obtida com o DEA foi 51%. Em seguida foi adicionado um ajuste de qualidade de 49% para a melhor empresa nesse critério, e 10% para a pior. As outras empresas receberam algo entre 10 e 49%.



XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



73

Tabela 7 – Estimativa de Custos Operacionais Finais – modelo com retornos constantes de escala

Empresa 2011	Custo Operacionais Ajustados	Eficiência	Ajuste para a qualidade	Eficiência Final	Custos Operacionais Finais
CEEE	R\$205.072.746,00	58,30%	19%	77,3%	R\$158.562.295,00
CEMIG	R\$146.993.313,00	61,50%	29%	90,5%	R\$133.027.002,00
CHESF	R\$832.733.546,00	36,70%	19%	55,7%	R\$463.563.610,00
COPEL	R\$123.006.211,00	45,50%	39%	84,5%	R\$103.972.559,00
CTEEP	R\$342.013.504,00	96,0%	39%	135,0%	R\$461.784.938,00
ELETRONO RTE	R\$541.276.679,00	26,7%	19%	45,7%	R\$247.408.843,00
ELETROSUL	R\$379.114.265,00	46,9%	49%	95,9%	R\$363.707.374,00
FURNAS	R\$1.144.478.739,00	39,30%	10%	49,3%	R\$564.044.738,00

Fonte: NT 383/2012 – SRE/ANEEL, fls. 13.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





74


Críticas

- 1) Empresas são diferentes
- 2) Restrições aos pesos não funcionam, não atingem objetivo a que se propunham. Problemas em modelos que usam restrições aos pesos
- 3) Fronteira definida por uma única empresa que usa um único produto
- 4) Dispersão da área foi defendida em outras revisões como uma variável que impacta nos custos operacionais das transmissoras. Agora foi esquecida?

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Discussão (1): As empresas não são semelhantes especialmente FURNAS




Restrição aos Pesos

75


- Existe uma diferença muito grande entre o comprimento das linhas desagregadas por nível de tensão:

Empresa	600-765 kV	440-525 kV	345 kV	230 kV	138 kV	69-88 kV
CEEE	0	0	0	4.772	760	227
CEMIG	0	2.169	1.967	768	0	0
CHESF	0	5.120	0	13.472	572	325
COPEL	0	157	0	1.596	138	13
CTEEP	0	6.305	715	1.364	9.423	1.099
ELTRN	0	3.230	0	5.295	366	248
ELTRS	0	2.962	0	5.135	1.828	24
FURNAS	5.922	4.572	6.221	1.883	2.149	0

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

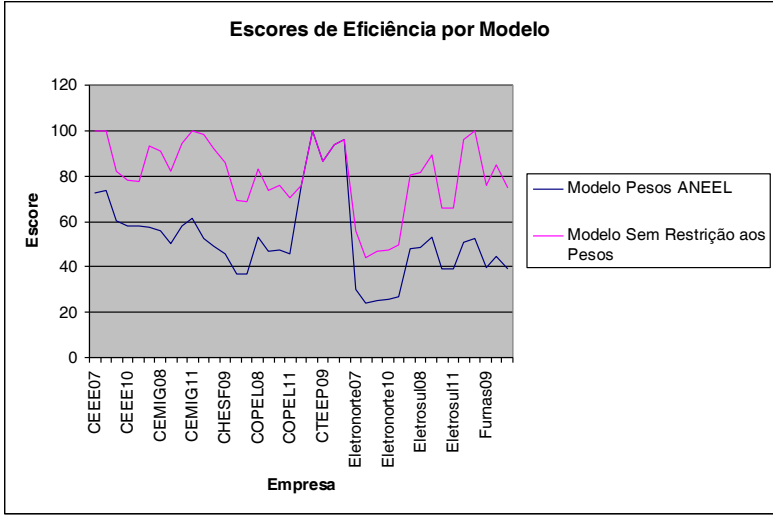


2) As restrições aos pesos



76

Escores de Eficiência por Modelo



Empresa	Modelo Pesos ANEEL	Modelo Sem Restrição aos Pesos
CEEE07	75	100
CEEE10	60	80
CEMIG08	55	95
CEMIG11	60	100
CHESF09	40	70
COPEL08	50	80
COPEL11	45	75
CTEEP09	100	100
Eletronorte07	25	50
Eletronorte10	25	50
Eletrosul08	50	80
Eletrosul11	40	70
Furnas09	50	100

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN








Tabela 12 – Impacto das restrições aos pesos nos escores de eficiência DEA-CCR

Empresa	Escore de Eficiência DEA		(1)-(2)
	com pesos	sem pesos	
	(1)	(2)	
CEEE11	58,3%	77,4%	-19,1%
CEMIG11	61,5%	100,0%	-38,5%
CHESF11	36,7%	68,7%	-32,0%
COPEL11	45,5%	70,5%	-25,0%
CTEEP11	96,0%	96,0%	0,0%
Eletronorte11	26,7%	49,5%	-22,8%
Eletrosul11	46,9%	66,0%	-19,1%
Furnas11	39,3%	74,9%	-35,6%
Mínimo	26,7%	49,5%	-38,5%
Máximo	96,0%	100,0%	0,0%
Média	51,4%	75,4%	-24,0%
Desvio-padrão	19,9%	15,3%	11,4%

VER PLANILHA SIMULAÇÃO

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN


Discussão (3): A fronteira foi definida apenas pela CTEEP usando uma variável questionável.

78


Insumo		Produtos						Eficiência			
DMU's (2011)	OPEX	MVA	Transform.	Módulos	Comprimento das Linhas						Eficiência
					600-765 kV	440-525 kV	345 kV	230 kV	138 kV	69-88 kV	
CEEE	94,06	8.268	186	1.043	0	0	0	4.772	760	227	58%
CEMIG	67,12	16.375	133	625	0	2.169	1.967	768	0	0	61%
CHESF	380,37	35.292	379	1.939	0	5.120	0	13.472	572	325	37%
COPEL	56,16	10.862	88	378	0	157	0	1.596	138	13	46%
CTEEP	156,16	50.466	601	2.435	0	6.305	715	1.364	9.423	1.099	96%
ELETRN	247,03	18.539	253	693	0	3.230	0	5.295	366	248	27%
ELETRS	173,06	26.189	187	703	0	2.962	0	5.135	1.828	24	39%
FURNAS	522,37	86.948	472	978	5.922	4.572	6.221	1.883	2.149	0	39%

→ Não foi usada!

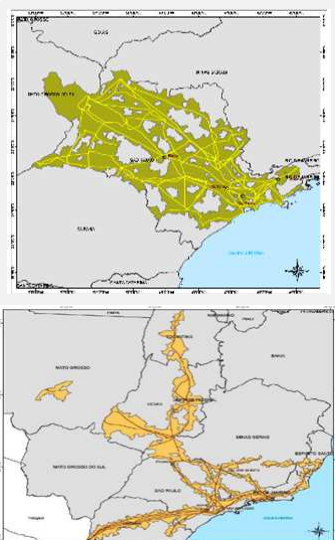
XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN



Discussão (4): Em 2010 a ANEEL considerou a dispersão das redes como uma importante variável ambiental, mais isso não se repetiu em 2012.




79




- A CTEEP opera em um Estado (região concentrada), logo existem ganhos logísticos, especialmente quando se realiza manutenção.
- FURNAS opera em 9 Estados.
- Considerando a dispersão de redes, FURNAS teve sua eficiência elevada em 16% em 2010.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN





Conclusões:



80

- ✓ Usando o modelo DEA para definir as receitas do setor de transmissão, a ANEEL está agindo de acordo com outros reguladores do mundo, mas existem vários aperfeiçoamentos nos modelos que foram usados até o momento;
- ✓ O setor de transmissão no Brasil deve estudar DEA mais profundamente de modo a contribuir com a ANEEL a alcançar tais aperfeiçoamentos nos modelos.

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

Modelo DEA CCR(CRS) sem restrição aos pesos (NT 383/2012 – SRE/ANEEL)

81 $Max Ef(1) = [u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + u_{RD(1)} * y_{RD(1)}]$
sujeito à

Empresa1 $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(1)} + u_{TR(1)} * y_{TR(1)} + u_{MO(1)} * y_{MO(1)} + u_{RD(1)} * y_{RD(1)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(1)}] \leq 1$

Empresa2 $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(2)} + u_{TR(1)} * y_{TR(2)} + u_{MO(1)} * y_{MO(2)} + u_{RD(1)} * y_{RD(2)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(2)}] \leq 1$



...

Empresan $[u_{MVA(1)} * y_{MVA(n)} + u_{TR(1)} * y_{TR(n)} + u_{MO(1)} * y_{MO(n)} + u_{RD(1)} * y_{RD(n)}] / [v_{OPEX(1)} * x_{OPEX(n)}] \leq 1$

$u_{MVA(1)}, u_{TR(1)}, u_{MO(1)}, u_{(r)(1)}, v_{OPEX(1)} \geq 0$

Onde:
 u_{MVA}, u_{TR}, u_{MO} = peso dado à potência MVA, número de transformadores e módulos
 $u_{(1)}, u_{(2)}, u_{(3)}, u_{(4)}, u_{(5)}$ = peso dado à extensão de rede 600-765, 440-525, 325, 230, 138 e 69-88
 $v_{OPEX(j)}$ = peso do OPEX
 y_j = Quantidades de MVA, TR, MO e redes da empresa j ; $x_{OPEX(j)}$ = valor do custo operacional da empresa j

XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - 16 a 19 de setembro de 2013, Natal/RN

O Modelo DEA utilizado pela ANEEL para as empresas de distribuição (AP40, NT 294/2011):


- DEA em dois estágios
- Retornos não decrescentes à escala(NDRS)

Orientado à Insumo


- O objetivo foi o de reduzir o custo operacional.

Dados em Painel

- Dados de 2003 a 2009. Empresas divididas em 2 grupos. Cemig pertence ao grupo 1(>1Twh)



Variáveis utilizadas no modelo 1º. estágio de DEA, NT 294/2011



Input

- Custo Operacional (OPEX)

Output

- Numero de consumidores
- Extensão de rede(km)
- Mercado composto

$$MC_i = M_{iBT}^{\beta_{iBt}} M_{iMT}^{\beta_{iMt}} M_{iAT}^{\beta_{iAt}} \quad (1)$$

Onde:
 MC_i = Mercado Composto da empresa i ;
 M_{iAT} = Mercado de Alta Tensão da empresa i ;
 M_{iBT} = Mercado de Baixa Tensão da empresa i ;
 M_{iMT} = Mercado de Média Tensão da empresa i ;
 β_{iBt} = Participação do Mercado de Baixa Tensão na Parcela B da empresa i ;
 β_{iMt} = Participação do Mercado de Média Tensão na Parcela B da empresa i ;
 β_{iAt} = Participação do Mercado de Alta Tensão na Parcela B da empresa i ;







Tabela 3: Eficiência Estimada 2009 – DEA, COLS e Média dos Modelos



EMPRESA	DEA	COLS	Média	EMPRESA	DEA	COLS	Média
RGE	100%	99%	99%	CSPE	100%	90%	95%
PIRATININGA	100%	96%	98%	JAGUARÍ	100%	81%	91%
COSERN	100%	95%	97%	MOCOCA	91%	81%	86%
COELBA	100%	92%	96%	MUXFELDT	83%	71%	77%
CPFL PAULISTA	97%	88%	93%	SANTA CRUZ	85%	69%	77%
AES SUL	86%	85%	85%	CPEE	80%	72%	76%
CELPE	85%	80%	82%	EBO	79%	49%	64%
COELCE	85%	79%	82%	CAIUA	69%	56%	63%
CEMAR	87%	75%	81%	EMG	74%	46%	60%
LIGHT	82%	71%	76%	SANTA MARIA	60%	54%	57%
ESE	82%	67%	75%	EDEVP	60%	49%	54%
BANDEIRANTE	74%	71%	72%	BRAGANTINA	56%	50%	54%
ELEKTRO	70%	68%	69%	CELTINS	67%	36%	51%
EPB	74%	60%	67%	NACIONAL	56%	44%	50%
ESCELSA	67%	67%	67%	CFLO	54%	46%	50%
ENERSUL	73%	56%	64%	SULGIPE	66%	31%	50%
CEMAT	74%	53%	64%	DEMEI	55%	44%	50%
ELETROP PAULO	67%	51%	59%	COCEL	51%	46%	48%
CEB	60%	54%	57%	ENF	57%	38%	47%
AMPLA	59%	54%	56%	UHNPAL	47%	47%	47%
COPEL	53%	47%	50%	ELETROCAR	47%	43%	45%
CELESC	53%	47%	50%	CHESP	46%	37%	42%
CEEE	49%	50%	49%	HIDROPAN	44%	39%	42%
CELG	58%	40%	49%	EFLUL	46%	37%	41%
CEPISA	51%	42%	47%	JOAO CESA	62%	21%	41%
AMAZONAS	49%	42%	45%	DMED	46%	37%	41%
CEMIG	51%	39%	45%	COOPERALIANÇA	44%	37%	41%
CELPA	44%	42%	43%	ELETROACRE	46%	33%	39%
CEAL	46%	37%	41%	IGUAÇU	39%	37%	38%
				BOA VISTA	23%	19%	21%



2o. Estágio - OLS



78. Foram considerados dois modelos, um para cada grupo de empresas. O modelo para as empresas do Grupo A possui as seguintes variáveis ambientais: **Salário Médio**, **Índice de precipitação**, **Consumidores / Conjunto e Complexidade**. Já o modelo das empresas do grupo B possui as seguintes variáveis ambientais: **Salário Médio**, **Índice de precipitação** e **Unidades Consumidoras / KM de rede**. O detalhamento dos modelos estimados é feito no anexo II.

Núcleo de Pesquisas em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade - NESP



Resultado do 2o. estágio





Empresa	Porcentagem de Correção
LIGHT	25%
CEB	12%
CELPA	11%
AMAZONAS	8%
CEMAT	7%
CELG	6%
CELESC	5%
CPFL PAULISTA	4%
ELETROPAULO	3%
ELEKTRO	2%
BANDEIRANTE	1%
CEEL	1%
AMPLA	0%
COPEL	0%
ENERSUL	0%
CPFL	0%
CELPE	0%
CEMIG	0%
CEMARE	0%
CEPISA	0%
ABESJUI	0%
ESB	0%
CPFL PRATINHA	-1%
ESRETER	-1%
COPELBA	-1%
EPIS	-1%
RGE	-1%
COELCE	-1%
COSRBR	-28%

Gráfico 1: Percentual de correção da eficiência das empresas do Grupo A porte em decorrência do 2º Estágio.

Núcleo de Pesquisas em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade - NESP


Tabela 6 Intervalo final de custos operacionais no 3CRTP

Empresa	Limite Inferior	Limite Superior	Empresa	Limite Inferior	Limite Superior
RGE	113%	133%	CSPE	146%	166%
CPFL PIRATININGA	115%	135%	JAGUARÍ	135%	155%
COSERN	106%	126%	MOCOCA	132%	152%
COELBA	112%	132%	SANTACRUZ	116%	136%
CPFL PAULISTA	112%	132%	MUXFELDT	114%	134%
AES-SUL	99%	119%	CPEE	118%	138%
CELPE	97%	117%	EBO	84%	104%
COELCE	90%	110%	CAIUA	92%	112%
CEMAR	95%	115%	EMG	88%	108%
LIGHT	99%	119%	SANTAMARIA	82%	102%
ESE	85%	105%	EVP	79%	99%
BANDEIRANTE	85%	105%	BRAGANTINA	81%	101%
ELEKTRO	81%	101%	CELTINS	83%	103%
EPB	73%	93%	SULGIPE	72%	92%
ESCELSA	75%	95%	NACIONAL	71%	91%
ENERSUL	74%	94%	CFLO	74%	94%
CEMAT	76%	96%	DEMEI	69%	89%
ELETROP PAULO	68%	88%	COCEL	71%	91%
CEB	68%	88%	ENF	66%	86%
AMPLA	64%	84%	UHENPAL	70%	90%
COPEL	56%	76%	ELETROCAR	66%	86%
CELESC	57%	77%	CHESP	64%	84%
CEEE	55%	75%	HIDROPAN	59%	79%
CELG	56%	76%	JOAOCESA	59%	79%
CEPISA	50%	70%	COOPERALIANÇA	59%	79%
AMAZONAS	52%	72%	EFLUL	61%	81%
CEMIG	48%	68%	DME-PC	57%	77%
CELPA	50%	70%	ELETROACRE	59%	79%
CEAL	44%	64%	IENERGIA	58%	78%
			BOA_VISTA_ENERGIA	26%	46%

Núcleo de Pesquisas em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade - NESP

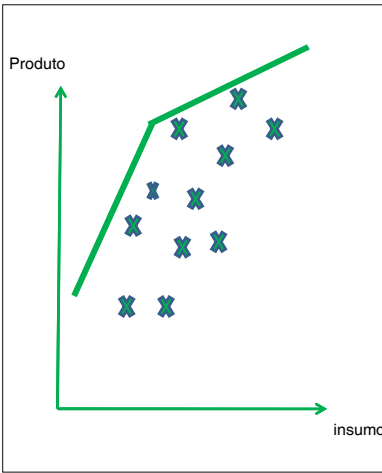
Metodologia dos Custos Operacionais Regulatórios

1 etapa: Atualização ER 2 etapa: Métodos de Benchmark



Inflação, Var do Produto e Produtividade

2008 2013



Produto

insumo

Para obter mais informações . . .
Ver NT n° 101/2011, de 13/04/2011 no site da ANEEL
http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaDetalhe.cfm?attAnoAud=2010&attIdeFasAud=529&id_area=13&attAnoFasAud=2011