

## ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DAS CONCESSIONÁRIAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO.

**Gustavo Alexandre Nogueira da Costa (UFF)**

**Annibal Parracho Sant'Anna (UFF)**

### RESUMO

No Brasil durante as últimas duas décadas medidas para melhorar a qualidade do fornecimento de energia elétrica oferecido pelas concessionárias tem sido tomadas e intensificadas pelo órgão regulador. Neste trabalho se realizará um estudo para avaliar a produtividade das concessionárias distribuidoras de energia elétrica, baseado em dois indicadores de qualidade que medem a frequência e a duração das interrupções do fornecimento de energia (FEC e DEC). A técnica utilizada para esta análise será a Avaliação Probabilística de Produtividades, uma metodologia que se baseia em medições de probabilidades de atingir a fronteira de eficiência ou de pior desempenho. Este estudo se concentrará em identificar as concessionárias menos eficientes. As distribuições Uniforme e Pareto serão utilizadas para efetuar os cálculos de produtividade e posteriormente seus resultados serão comparados. Ao final será calculado o índice de Malmquist que irá buscar avaliar a evolução do ano de 2006 para 2007 do desempenho de cada concessionária em relação ao conjunto.

Palavras-chaves: Avaliação Probabilística de Produtividades. Índice de Malmquist. Concessionárias de distribuição de energia elétrica.

### 1. Introdução

O modelo do setor elétrico vigente no Brasil antes da década de 90 era caracterizado pela centralização da operação e do planejamento da expansão, além da verticalização dos segmentos de geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia. Isto causou grandes dificuldades de captação de recursos para garantir a expansão do sistema.

Por este motivo, em 1995 iniciou-se o processo de reforma do setor elétrico brasileiro, sendo definida uma nova estrutura para o setor. O Estado deixaria de atuar como principal investidor, transferindo à iniciativa privada esta tarefa, ficando sob sua responsabilidade a formulação da política energética, além da regulação e fiscalização dos agentes. Neste novo modelo, a regulação deve ter a missão de incentivar e garantir os investimentos necessários e promover o bem-estar dos consumidores e usuários.

De maneira geral, os objetivos da missão regulatória são os seguintes: buscar a eficiência econômica, com a garantia do serviço ao menor custo para o usuário; evitar o abuso de poder do monopólio, assegurando a menor diferença entre preços e custos; e assegurar a qualidade do serviço prestado.

Neste novo contexto a concorrência vem sendo introduzida nos segmentos de geração e comercialização, enquanto que a transmissão e distribuição de energia elétrica funcionam sob uma regulação para controlar a qualidade dos serviços e evitar preços abusivos. Para que a saúde econômica e financeira das concessionárias seja assegurada o valor do kWh cobrado deve ser suficiente para preservar o princípio da modicidade tarifária, a fim de obter recursos suficientes para cobrir custos de operação, manutenção e expansão do sistema, além de uma remuneração justa do capital investido.

Os modelos de regulação tarifária utilizados no setor elétrico são, basicamente, tarifação pelo custo do serviço e price-cap (preço-teto). A tarifação pelo custo do serviço, conhecida também como regulação da taxa interna de retorno, é o regime tradicionalmente utilizado para a regulação tarifária dos setores de monopólio natural. Neste critério os preços devem remunerar os custos totais e conter uma margem que propicie uma taxa interna de retorno atrativa ao investidor. Essa garantia de ressarcimento dos custos cria incentivos ao uso de práticas ineficientes por parte da concessionária, de maneira que mesmo com custos elevados de produção, obtém-se um lucro que não existiria em condições de mercado não regulado. (Pires e Piccinini, 1998)

O regime price-cap é adotado visando contornar as deficiências de regulação pelo custo de serviço. Neste regime o regulador define um teto inicial para a tarifa da concessionária, cujo valor é reajustado periodicamente com base em um índice de preços, descontado de um fator de produtividade X, com o objetivo de compartilhar com os consumidores os ganhos de eficiência das concessionárias, adquiridos pela concessionária no período entre as revisões tarifárias.

No entanto, sob o regime do price-cap, a redução de custos e o aumento da produtividade resultam em lucros maiores, onde esses esforços por parte das concessionárias podem inibir os investimentos para a melhoria da qualidade do serviço.

Para assegurar o estímulo à produtividade são empregados e serão estudados neste trabalho, dois indicadores de qualidade que serão os parâmetros para avaliar quais concessionárias apresentam desempenho inferior às mais produtivas. Esses indicadores medem respectivamente a frequência e a duração das interrupções do fornecimento de energia.

Na regulação da continuidade, definem-se a priori limites superiores ou metas para os indicadores DEC (Índice de duração equivalente de interrupção por consumidor) e FEC (Índice de frequência equivalente de interrupção por consumidor), que são comparados com os valores apurados pelas concessionárias. Caso os valores apurados ultrapassem as metas pré-estabelecidas, a concessionária ficará sujeita a algum tipo de penalidade, podendo ser uma multa a ser paga à ANEEL ou uma redução da sua receita.

Dentre as técnicas utilizadas no mundo acadêmico para avaliar a eficiência de empresas distribuidoras de energia, destacam-se a Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Análise de Fronteira Estocástica. A metodologia DEA pode ser utilizada com o objetivo de identificar as distribuidoras que apresentam escores de eficiência baixa e as fontes de ineficiência. Além disso a Análise Envoltória de Dados permite escolher quais empresas serviriam como *benchmark* dentre as alternativas eficientes.

Alternativamente, será aqui empregada a Avaliação Probabilística de Produtividades, uma metodologia com fundamentos semelhantes, mas, que se baseia em medições de probabilidades de atingir a fronteira de eficiência ou de pior desempenho. No caso, o objetivo será identificar as concessionárias que dentro do conjunto analisado são menos eficientes. As distribuições Uniforme e Pareto serão utilizadas para efetuar os cálculos de produtividade e posteriormente seus resultados serão comparados.

Ao final será ainda calculado o índice de Malmquist que irá buscar avaliar a evolução de um ano para outro do desempenho de cada concessionária em relação ao conjunto.

O trabalho está dividido em 5 seções. Na seção 2 é apresentado como são definidas as normas estabelecidas para a regulação da continuidade do fornecimento de energia, através da Resolução ANEEL nº24/2000 que introduziu novos avanços no controle de qualidade.

A seção 3 descreve a metodologia Avaliação Probabilística de Produtividades e o índice de Malmquist probabilístico, explicitando suas características, as distribuições utilizadas e como proceder para realizar as composições de preferência.

Na seção 4 são apresentados os resultados da aplicação da metodologia, utilizando as duas distribuições adotadas em dois modelos distintos, um baseado em apenas 2 inputs e outro com 1 output e 2 inputs.

A seção 5 trata da análise dos resultados obtidos, tendo como objetivo comparar as alternativas desenvolvidas. Por fim emprega o índice de Malmquist para examinar a evolução dos desempenhos de cada concessionária.

## 2 INDICADORES DE CONTINUIDADE DE FORNECIMENTO DE ENERGIA

A Resolução nº 24/2000 introduziu novos avanços e reformulou os procedimentos de controle de qualidade sobre o aspecto da continuidade do fornecimento de energia. Esta Resolução foi criada com o intuito de corrigir as deficiências encontradas na Portaria DNAEE 46/1978, de modo a adequar-se ao novo contexto do SEB.

Sobre os avanços obtidos com a nova Resolução, pode-se ressaltar a exigência do envio dos indicadores apurados à ANEEL, o estabelecimento de prazos para o aviso de interrupções programadas aos consumidores com a antecedência necessária, a imposição de penalidades por descumprimento das metas definidas pela nova metodologia e a obrigatoriedade da informação dos indicadores na fatura de energia elétrica. Foi também determinada a disponibilização do serviço de atendimento gratuito e permanente para o registro de reclamações dos consumidores e as solicitações de providências para serviços emergenciais.

As metas definidas pela ANEEL foram estabelecidas pelo trabalho de Tanure (2001), que reuniu dados de 4135 conjuntos de 56 concessionárias do Brasil. As variáveis utilizadas foram as seguintes: km de rede aérea primária, potência instalada (kVA), número de unidades consumidoras, consumo médio mensal (MWh), área de atendimento e uma variável binária que indica o tipo de sistema atendido pelo conjunto: isolado ou interligado. (Sperandio 2004)

A metodologia escolhida para realizar o agrupamento dos dados foi o algoritmo *K-Means* para identificar clusters de conjuntos de unidades consumidoras semelhantes. A priori, os dados passaram por uma transformação logarítmica, com o objetivo de reduzir a dispersão das observações.

Definidos os grupos passa-se para a etapa de decisão das metas. A metodologia utilizada para a regulação do desempenho foi o *yardstick competition*, onde as empresas são estimuladas pelo regulador a adotarem um desempenho baseado em padrões médios de outras empresas para fixar o valor eficiente do parâmetro gerenciável de cada empresa. Segundo esta abordagem, as empresas situadas abaixo da referência têm uma margem de folga para seu desempenho. As empresas que se localizam acima desta marca devem melhorar seu desempenho e alcançar o valor de referência.

De acordo com o arbitrado pelo regulador, a referência foi fixada como sendo o primeiro decil de cada grupo, ou seja, refere-se ao valor correspondente a 10% da distribuição de frequência dos valores de continuidade (DEC e FEC) dos conjuntos agrupados. No processo de agrupamento dos dados, os conjuntos isolados e interligados são analisados

juntamente, razão pela qual em um mesmo *cluster* pode-se encontrar os dois tipos de conjuntos. Devido às limitações técnicas no fornecimento de energia elétrica encontrados nos sistemas isolados, as metas para esses sistemas são definidas de forma diferenciada quando comparados aos sistemas interligados. Sendo assim, as metas definidas para os conjuntos isolados são baseadas no critério *yardstick*, enquanto os sistemas interligados são baseados no critério do primeiro decil. (Pessanha 2007)

Fixada as metas, para os conjuntos situados acima dela ficou estabelecido um período de duas revisões tarifárias (8 anos) para que as concessionárias se adéqüem aos valores estabelecidos. A cada revisão tarifária as metas são atualizadas. Segundo Pessanha (2007), a ANEEL define metas intermediárias que decrescem anualmente, propiciando uma transição gradual dos indicadores de continuidade ( $DEC_0$  e  $FEC_0$ ) até as metas estabelecidas ( $META_{DEC}$  e  $META_{FEC}$ ).

A Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade (SFE/ANEEL) estabeleceu as seguintes fórmulas para definição da multa por violação dos padrões coletivos, conforme apresentado por Pessanha (2006):

$$(1) P = \sum_{i=1}^n \left( \frac{DEC_V(i)}{DEC_P(i)} - 1 \right) \cdot DEC_P(i) \cdot \left( \frac{nc(i)}{NC} \right) \cdot \frac{Fat}{8760} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3$$

$$(2) P = \sum_{i=1}^n \left( \frac{FEC_V(i)}{FEC_P(i)} - 1 \right) \cdot FEC_P(i) \cdot \left( \frac{nc(i)}{NC} \right) \cdot \frac{Fat}{8760} \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3$$

onde:

P é o valor da penalidade em reais;

n é o total de conjuntos da concessionária que transgrediram o padrão de continuidade do DEC ou do FEC;

nc é o número de consumidores no conjunto i;

NC é o número de consumidores na concessionária;

Fat é o faturamento líquido anual da concessionária;

$DEC_V(i)$  e  $FEC_V(i)$  são os indicadores coletivos do conjunto i verificado no período de observação;

$DEC_P(i)$  e  $FEC_P(i)$  são o DEC e FEC padrão do conjunto i no período;

k1 é o coeficiente de majoração que varia de 5 a 50;

k2 é um coeficiente de reincidência de violação do indicador do conjunto, que pode ser 1 ou 1,5;

k3 é o coeficiente que penaliza qualquer sanção anterior nos últimos quatro anos;

8760 é o número de horas do ano.

O descumprimento injustificado das metas pode resultar em punições que vão de notificação até multa correspondente a 1% do faturamento anual das concessionárias.

### **3 A AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA DE PRODUTIVIDADES**

Essa abordagem tem por propriedade atribuir maior importância às distâncias entre as unidades comparadas que, de alguma forma, possam ser consideradas mais próximas de uma fronteira de referência. A proximidade da fronteira é medida em termos da probabilidade de cada opção atingir a fronteira, de modo que, a medida de preferência atribuída a cada opção segundo cada critério depende da sua posição relativa a todas as outras opções, e não apenas às opções da fronteira.

No que tange à existência de erros aleatórios, na avaliação probabilística de produtividades, as medidas de inputs e outputs são tratadas como estimativas de parâmetros de posição de distribuição de probabilidades. Conforme demonstrado em Sant'Anna (2002), a avaliação probabilística tende a atribuir menos medidas de eficiência elevadas às unidades de dimensão muito pequena ou muito grande em relação ao conjunto estudado. Unidades com valores extremos terão suas medidas de eficiência calculadas através do produto de unidades muito próximas a zero por probabilidades muito próximas de 1, enquanto isso as unidades com valores mais próximos da mediana terão suas medidas de eficiência calculadas através do produto de fatores mais homogêneos.

A avaliação probabilística, de um lado, eleva fortemente a medida de eficiência de qualquer unidade de produção sempre que apresente desempenho extremo seja na minimização do volume de algum recurso seja na maximização do volume de algum produto, enquanto, por outro lado, ameniza a influência de pontos extremos levando em conta o desempenho de mais variáveis e de mais unidades de observação. Enquanto a fronteira de excelência tende a ser formada por desempenhos raros, a comparação em variáveis em que não apresente desempenho extremo e a comparação com um conjunto de observações com valores mais frequentes torna o procedimento mais resistente aos erros aleatórios. (Sant'Anna 2002)

Na avaliação probabilística, os volumes de inputs e outputs inicialmente apresentados de forma determinística passam a ser tratados como estimativas de parâmetros de posição de distribuições de probabilidades independentes. Para isso, se utiliza um modelo em que

perturbações estocásticas têm algum tipo de distribuição conhecida, sendo assim considerados os erros de medida aleatórios inerentes ao problema.

A abordagem mais utilizada atualmente para comparação de unidades produtivas de acordo com sua produtividade é a Análise Envoltória de Dados (DEA), desenvolvida com base no conceito de eficiência de Farrell (1957). A DEA compara as unidades pela eficiência em extrair o maior agregado de produtos possível do menor agregado de recursos utilizados e sua eficiência é medida em termos de distância aos melhores desempenhos efetivamente observados. (Sant'Anna 2005)

A principal diferença que pode ser apontada entre a DEA e a Avaliação Probabilística de Produtividades está no fato da DEA não considerar a existência de erros aleatórios nas medidas de inputs e outputs. A influência desses erros aleatórios, na Avaliação Probabilística de Produtividades, é reduzida através das combinações das probabilidades de maximizar e minimizar inputs e outputs no produto final das probabilidades.

Neste trabalho a análise dos dados será feita usando-se as distribuições Uniforme e Pareto, sendo seus resultados comparados no capítulo posterior. Como já mencionado na seção anterior, por meio da introdução de erros de medida aleatórios, a posição relativa de cada opção, que inicialmente é apresentada de forma determinística, passa a ser tratada como estimativa para o ponto médio de uma distribuição de probabilidade. Segundo Sant'Anna (2002) a forma mais simples de fornecer essa posição inicial é através da ordenação das opções, da de menor preferência para a de maior preferência. Não há necessidade da ordenação ser rigorosa, admitindo-se empates, ou postos vagos para representar afastamento maior que a regra geral. O importante é que, uma vez transformadas as indicações de preferência em valores numéricos, tratando-os como variáveis aleatórias, sempre se pode derivar do conjunto de valores observados um vetor de probabilidades de cada opção ocupar a posição de maior preferência. A parcimônia deve ser exigida na parametrização devido à ausência de informação na determinação das distribuições de probabilidades das variáveis aleatórias.

Para a modelagem uniforme da dispersão, a hipótese básica assumida em Sant'Anna (2002) é que, se duas unidades de produção quaisquer pertencem ao conjunto analisado, existe uma probabilidade não nula de inversão entre as suas posições relativamente ao volume observado de cada input ou output e esta probabilidade deve ser pequena quando se consideram as unidades com o maior e o menor valor. Estabelecer quão pequena deve ser esta

probabilidade e como cresce com a proximidade entre as medidas observadas completa a modelagem estatística.

Em Sant'Anna (2002) a amplitude é estimada pela amplitude amostral resultante de acrescentarmos ao conjunto uma unidade de produção fictícia, com volumes inferiores aos menores volumes observados, distando destes, exatamente, a  $n$ -ésima parte dos mesmos,  $n$  sendo o tamanho da amostra.

A distribuição de Pareto empregada em Sant'Anna (2006), é uma distribuição assimétrica, de cauda pesada e concentrada nos menores valores. No cálculo das distâncias probabilísticas à fronteira inferior, os valores observados são tratados como os pontos de truncamento da distribuição de Pareto e deseja-se atribuir uma maior probabilidade de ocorrência aos valores próximos desses valores observados do que a valores maiores.

Esta característica da distribuição de Pareto reforça uma vantagem da transformação em probabilidades de atingir a fronteira, que consiste em aumentar a distância entre as avaliações das opções com observações mais próximas à fronteira de interesse e reduzir a distância entre as avaliações mais distantes.

### 3.1 COMPOSIÇÃO DE PREFERÊNCIAS PROBABILÍSTICAS

Em Sant'Anna (2003), verifica-se que um grande número de medidas pode ser construído a partir da composição das probabilidades de atingir as fronteiras em cada variável, conforme utilizemos os conectivos “e” ou “ou” e conforme tomemos a fronteira inferior ou superior como referência. As diferentes formas de garantir que se atinja simultaneamente a maximização de outputs e a minimização de inputs permitem avaliar os efeitos de pequenas diferenças sobre a produtividade global. Assim é proposta uma classificação das medidas probabilísticas a partir de dois eixos subjetivos, que facilita a identificação dessas diferenças.

Uma composição é dita otimista quando considera a probabilidade de atingir a fronteira de excelência (ou afastar-se da fronteira de pior desempenho) em uma única variável. É pessimista quando se baseia na exigência de aproximação da fronteira excelência (ou afastar-se da fronteira de pior desempenho), conjuntamente, em todas as variáveis. Por outro lado, dizemos que uma composição é progressista quando utilizamos como referência a fronteira de excelência e conservadora quando utilizamos como referência a fronteira de pior desempenho.

Algebricamente, para a aplicação da abordagem exposta acima são adotadas as seguintes notações:

- “i” representa uma unidade de produção genérica;
- “j” e “k”, respectivamente, representam os inputs e outputs;
- “M” e “m” representam respectivamente as probabilidades de maximizar e minimizar os inputs e outputs;
- “n” e “p” são o número de inputs e outputs;
- $M_{i,j}$  é a probabilidade de maximizar o input j da unidade de produção i;
- $m_{i,j}$  é a probabilidade de minimizar o input j da unidade de produção i;

Com esta notação,

- $\prod_{j=1}^{j=n} M_{i,j}$  é a probabilidade de maximizar todos os inputs da unidade de produção i;
- $\prod_{j=1}^{j=n} m_{i,j}$  é a probabilidade de minimizar todos os inputs da unidade de produção i;

O cálculo das probabilidades envolvendo os outputs são obtidas de maneira análoga aos inputs, substituindo-se o índice j por k, com k variando de 1 até p.

### 3.2 ÍNDICE DE MALMQUIST PROBABILÍSTICO

O índice de Malmquist foi inicialmente proposto por Malmquist (1953) na análise do comportamento do consumidor. Entretanto, foi Caves et al. (1982) que introduziu o conceito de índice de Malmquist na análise da produção, ao utilizar a função distância.

Fare et al. (1994) propuseram um índice, conhecido como índice de Malmquist-DEA, que é baseado na aplicação de um algoritmo de programação linear de Análise Envoltória de Dados – DEA para a construção da fronteira de produção de um determinado período e depois para o cálculo da razão entre as distâncias de dois pontos de produção de períodos distintos de uma mesma unidade à fronteira assim construída. Determina-se, por exemplo, a distância do ponto de produção do período t à fronteira do período t, a distância do ponto de produção do período t+1 à fronteira do período t e calcula-se a razão entre as distâncias.

Assim, o índice de Malmquist-DEA é calculado através da média geométrica de dois índices de evolução de eficiência, onde o primeiro utiliza como referência a fronteira do período t e o segundo a fronteira do período t+1. Ou seja, o primeiro é calculado substituindo-se, os valores de input e output do ano t, cuja evolução da unidade de produção se deseja avaliar, pelos valores de input e output da mesma unidade de produção no período t+1. A partir daí, a primeira razão será obtida dividindo-se pelo escore de eficiência do instante t da

unidade avaliada a eficiência de uma unidade de produção hipotética com os valores de input e output do ano t, substituídos pelos valores de input e output da mesma unidade de produção no período t+1. No segundo, analogamente, substitui-se os valores de input e output do período t da unidade de produção cuja evolução se deseja medir no conjunto de valores do período t+1.

A equação a seguir representa o índice de Malmquist para analisar a mudança na produtividade total de fatores entre um período inicial t e um período t+1. Assim,  $x_t$  e  $y_t$  representam, respectivamente, os valores de inputs e outputs da unidade de produção no instante t e  $d_0^t$  e  $d_0^{t+1}$  representam, respectivamente, a distância à fronteira no instante t e t+1 medida em termos de eficiência relativa.

$$(3) M_0(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left( \frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^t(x_t, y_t)} \cdot \frac{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right)^{1/2}$$

Um valor de  $M_0$  maior que 1 indica crescimento da produtividade total, do período t para o período t+1, enquanto um valor menor do que 1 indica queda na produtividade total.

Neste trabalho, a aplicação será feita de maneira análoga, substituindo-se os escores da DEA pelos escores de produtividade obtidos na Avaliação Probabilística. Utilizando a notação  $P(j,t,u)$  como sendo a produtividade da unidade j quando os valores observados nessa unidade no instante t são introduzidos na análise em conjunto com os observados no instante u. A fórmula a seguir expressa o cálculo do índice de evolução de Malmquist probabilístico.

$$(4) M_0 = \left( \frac{P(j,t+1,t)}{P(j,t,t)} \cdot \frac{P(j,t+1,t+1)}{P(j,t,t+1)} \right)^{1/2}$$

#### **4 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO PROBABILÍSTICA ÀS CONCESSIONÁRIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Os indicadores de continuidade (DEC e FEC) foram obtidos com base em consultas ao banco de dados disponível no site da ANEEL (<<http://www.aneel.gov.br>>) que é atualizado trimestralmente e a variável Receita Anual de cada concessionária foi obtida através do SAC da Eletrobrás. Ao todo serão analisadas 63 concessionárias de distribuição de energia no ano de referência correspondente a 2006 e 2007.

Serão aqui definidas como input as variáveis DEC e FEC e como output a variável Receita. Para completar o estudo serão realizadas as seguintes análises:

1. Análise considerando 2 inputs (DEC e FEC) sem nenhum output utilizando Distribuição Uniforme;
2. Análise considerando 2 inputs (DEC e FEC) sem nenhum output utilizando Distribuição Pareto;
3. Análise considerando 2 inputs (DEC e FEC) e 1 output (Receita) utilizando Distribuição Uniforme;
4. Análise considerando 2 inputs (DEC e FEC) e 1 output (Receita) utilizando Distribuição Pareto.

Como descrito na seção 3, a seguir, são apresentadas as probabilidades de maximizar e minimizar cada uma das variáveis utilizando-se as distribuições Uniforme e Pareto nos anos de 2006 e 2007.

Tabela 1 – Probabilidade de Maximizar e Minimizar as variáveis utilizando Distribuição Pareto no ano de 2006.

<b>Empresa</b>	<b>Máx. Rec.</b>	<b>Min Rec</b>	<b>Máx Dec</b>	<b>Min Dec</b>	<b>Máx Fec</b>	<b>Min Fec</b>
AES-SUL	0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
AMPLA	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BANDEIRANTE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%
Boa Vista	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%
BRAGANTINA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CAIUÁ	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,1%
CAT-LEO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEA	0,0%	0,0%	4,0%	0,0%	8,7%	0,0%
CEAL	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
CEAM	0,0%	0,0%	41,7%	0,0%	47,9%	0,0%
CEB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEEE	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
CELB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELESC	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
CELPA	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	5,2%	0,0%
CELPE	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELTINS	0,0%	0,0%	12,6%	0,0%	5,8%	0,0%
CEMAR	0,0%	0,0%	5,7%	0,0%	0,6%	0,0%
CEMAT	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	1,0%	0,0%
CEMIG	22,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%
CENF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEPISA	0,0%	0,0%	13,1%	0,0%	9,3%	0,0%
CERON	0,0%	0,0%	3,3%	0,0%	11,1%	0,0%
CFLO	0,0%	0,0%	0,0%	17,8%	0,0%	24,2%
CHESP	0,0%	2,1%	0,0%	0,0%	3,0%	0,0%
COCEL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COELBA	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%

COELCE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COOPERALIANÇA	0,0%	0,5%	0,0%	25,6%	0,0%	49,5%
COPEL	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CORONEL VIVIDA	0,0%	17,5%	0,0%	37,7%	0,0%	0,1%
COSERN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CPEE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
CPFL	11,7%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	2,9%
CSPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
DEMEI	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ELEKTRO	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
ELETROACRE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ELETROCAR	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
ELETROPAULO	41,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	2,8%
ENERGIPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ENERSUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ESCELSA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
IENERGIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
JAGUARI	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%	0,0%	1,6%
JOÃO CESA	0,0%	46,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
LIGHT	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%
MANAUS	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,6%	0,0%
MOCOCA	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
MUXFELDT	0,0%	13,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
NACIONAL	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%
NOVA PALMA	0,0%	5,5%	0,1%	0,0%	3,3%	0,0%
PANAMBI	0,0%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PIRATININGA	0,1%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	2,4%
POÇO DE CALDAS	0,0%	0,0%	0,0%	11,5%	0,0%	0,3%
RGE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SAELPA	0,0%	0,0%	12,3%	0,0%	0,1%	0,0%
SANTA CRUZ	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%
SANTA MARIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	8,6%
SULGIPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
URUSSANGA	0,0%	8,5%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%
V.PARANAPANEMA	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%

Tabela 2 – Probabilidade de Maximizar e Minimizar as variáveis utilizando Distribuição Pareto no ano de 2007.

Empresa	Máx. Rec.	Min Rec	Máx Dec	Min Dec	Máx Fec	Min Fec
AES-SUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
AMPLA	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BANDEIRANTE	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,9%
Boa Vista	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	0,0%
BRAGANTINA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CAIUÁ	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%
CAT-LEO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEA	0,0%	0,0%	3,4%	0,0%	8,5%	0,0%

CEAL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEAM	0,0%	0,0%	42,9%	0,0%	46,3%	0,0%
CEB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEEE	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
CELB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELESC	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
CELPA	0,0%	0,0%	15,5%	0,0%	9,3%	0,0%
CELPE	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELTINS	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	2,6%	0,0%
CEMAR	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%
CEMAT	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%	0,0%
CEMIG	25,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%
CENF	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEPISA	0,0%	0,0%	6,4%	0,0%	4,0%	0,0%
CERON	0,0%	0,0%	2,7%	0,0%	13,7%	0,0%
CFLO	0,0%	0,0%	0,0%	7,4%	0,0%	7,0%
CHESP	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	6,3%	0,0%
COCEL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COELBA	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COELCE	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
COOPERALIANÇA	0,0%	0,4%	0,0%	6,5%	0,0%	27,9%
COPEL	4,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CORONEL VIVIDA	0,0%	18,8%	0,0%	56,5%	0,0%	47,2%
COSERN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CPEE	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%
CPFL	12,8%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,9%
CSPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
DEMEI	0,0%	1,2%	0,0%	1,8%	0,0%	0,1%
ELEKTRO	0,8%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%
ELETROACRE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%
ELETROCAR	0,0%	0,3%	4,5%	0,0%	0,0%	0,0%
ELETROPAULO	37,8%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	1,2%
ENERGIPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ENERSUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ESCELSA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IENERGIA	0,0%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
JAGUARI	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,9%
JOÃO CESA	0,0%	48,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
LIGHT	12,7%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%
MANAUS	0,0%	0,0%	13,0%	0,0%	2,1%	0,0%
MOCOCA	0,0%	0,0%	0,0%	5,9%	0,0%	0,9%
MUXFELDT	0,0%	13,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
NACIONAL	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%
NOVA PALMA	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PANAMBI	0,0%	3,1%	0,3%	0,0%	0,1%	0,0%
PIRATININGA	0,1%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	1,0%
POÇO DE CALDAS	0,0%	0,0%	0,0%	11,3%	0,0%	7,0%
RGE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SAELPA	0,0%	0,0%	1,7%	0,0%	0,1%	0,0%
SANTA CRUZ	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%
SANTA MARIA	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	2,5%

<b>SULGIPE</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>URUSSANGA</b>	0,0%	7,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>V.PARANAPANEMA</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%

Tabela 3 – Probabilidade de Maximizar e Minimizar as variáveis utilizando Distribuição Uniforme no ano de 2006.

<b>Empresa</b>	<b>Máx. Rec.</b>	<b>Min Rec</b>	<b>Máx Dec</b>	<b>Min Dec</b>	<b>Máx Fec</b>	<b>Min Fec</b>
AES-SUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
AMPLA	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BANDEIRANTE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,9%
Boa Vista	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%
BRAGANTINA	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
CAIUÁ	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,1%
CAT-LEO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEA	0,0%	0,6%	2,1%	0,0%	3,6%	0,0%
CEAL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEAM	0,0%	0,5%	63,0%	0,0%	78,4%	0,0%
CEB	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEEE	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
CELB	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELESC	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELG	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELPA	0,0%	0,0%	2,9%	0,0%	2,0%	0,0%
CELPE	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CELTINS	0,0%	0,0%	8,5%	0,0%	2,2%	0,0%
CEMAR	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,2%	0,0%
CEMAT	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,4%	0,0%
CEMIG	18,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%
CENF	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEPISA	0,0%	0,0%	9,0%	0,0%	3,9%	0,0%
CERON	0,0%	0,0%	1,7%	0,0%	4,9%	0,0%
CFLO	0,0%	3,9%	0,0%	18,3%	0,0%	23,5%
CHESP	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%
COCEL	0,0%	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COELBA	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
COELCE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
COOPERALIANÇA	0,0%	5,3%	0,0%	21,8%	0,0%	33,5%
COPEL	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CORONEL VIVIDA	0,0%	6,9%	0,0%	25,5%	0,0%	0,1%
COSERN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CPEE	0,0%	2,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%
CPFL	7,4%	0,0%	0,0%	1,7%	0,0%	4,9%

CSPE	0,0%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
DEMEI	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ELEKTRO	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
ELETROACRE	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ELETROCAR	0,0%	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ELETROPAULO	57,7%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	4,9%
ENERGIPE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ENERSUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
ESCELSA	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	1,9%
IENERGIA	0,0%	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
JAGUARI	0,0%	1,9%	0,0%	7,7%	0,0%	3,1%
JOÃO CESA	0,0%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
LIGHT	10,4%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	2,2%
MANAUS	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,2%	0,0%
MOCOCA	0,0%	3,5%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%
MUXFELDT	0,0%	6,9%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
NACIONAL	0,0%	1,0%	0,0%	1,5%	0,0%	0,0%
NOVA PALMA	0,0%	6,9%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%
PANAMBI	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PIRATININGA	0,1%	0,0%	0,0%	1,5%	0,0%	4,1%
POÇO DE CALDAS	0,0%	1,5%	0,0%	15,3%	0,0%	0,8%
RGE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SAELPA	0,0%	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	0,0%
SANTA CRUZ	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%
SANTA MARIA	0,0%	1,5%	0,0%	0,4%	0,0%	11,8%
SULGIPE	0,0%	3,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
URUSSANGA	0,0%	6,9%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%
V.PARANAPANEMA	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%

Tabela 4 – Probabilidade de Maximizar e Minimizar as variáveis utilizando Distribuição Uniforme no ano de 2007.

Empresa	Máx. Rec.	Min Rec	Máx Dec	Min Dec	Máx Fec	Min Fec
AES-SUL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
AMPLA	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
BANDEIRANTE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%
Boa Vista	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%
BRAGANTINA	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CAIUÁ	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,1%
CAT-LEO	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CEA	0,0%	0,6%	1,7%	0,0%	3,6%	0,0%
CEAL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

<b>CEAM</b>	0,0%	0,4%	65,7%	0,0%	77,0%	0,0%
<b>CEB</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CEEE</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CELB</b>	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CELESC</b>	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CELG</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CELPA</b>	0,0%	0,0%	10,7%	0,0%	4,0%	0,0%
<b>CELPE</b>	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CELTINS</b>	0,0%	0,0%	4,6%	0,0%	0,9%	0,0%
<b>CEMAR</b>	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CEMAT</b>	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
<b>CEMIG</b>	25,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
<b>CENF</b>	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CEPISA</b>	0,0%	0,0%	3,4%	0,0%	1,5%	0,0%
<b>CERON</b>	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	6,8%	0,0%
<b>CFLO</b>	0,0%	3,7%	0,0%	11,7%	0,0%	10,8%
<b>CHESP</b>	0,0%	6,4%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%
<b>COCEL</b>	0,0%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>COELBA</b>	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
<b>COELCE</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
<b>COOPERALIANÇA</b>	0,0%	4,9%	0,0%	10,3%	0,0%	23,3%
<b>COPEL</b>	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CORONEL VIVIDA</b>	0,0%	7,2%	0,0%	33,5%	0,0%	29,2%
<b>COSERN</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>CPEE</b>	0,0%	2,2%	0,0%	1,8%	0,0%	0,1%
<b>CPFL</b>	8,8%	0,0%	0,0%	1,5%	0,0%	2,3%
<b>CSPE</b>	0,0%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>DEMEI</b>	0,0%	5,6%	0,0%	3,1%	0,0%	0,3%
<b>ELEKTRO</b>	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
<b>ELETROACRE</b>	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
<b>ELETROCAR</b>	0,0%	4,9%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>ELETROPAULO</b>	51,4%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	2,9%
<b>ENERGIPE</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>ENERSUL</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>ESCELSA</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
<b>IENERGIA</b>	0,0%	4,3%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%
<b>JAGUARI</b>	0,0%	1,5%	0,0%	2,7%	0,0%	2,3%
<b>JOÃO CESA</b>	0,0%	8,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>LIGHT</b>	8,8%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	1,2%
<b>MANAUS</b>	0,0%	0,0%	8,4%	0,0%	0,7%	0,0%
<b>MOCOCA</b>	0,0%	3,7%	0,0%	9,8%	0,0%	2,3%
<b>MUXFELDT</b>	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>NACIONAL</b>	0,0%	1,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%
<b>NOVA PALMA</b>	0,0%	6,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>PANAMBI</b>	0,0%	6,4%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%

<b>PIRATININGA</b>	0,0%	0,0%	0,0%	1,7%	0,0%	2,6%
<b>POÇO DE CALDAS</b>	0,0%	1,5%	0,0%	15,9%	0,0%	10,8%
<b>RGE</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>SAELPA</b>	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>SANTA CRUZ</b>	0,0%	0,0%	0,0%	4,1%	0,0%	0,0%
<b>SANTA MARIA</b>	0,0%	1,5%	0,0%	0,3%	0,0%	5,5%
<b>SULGIPE</b>	0,0%	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>URUSSANGA</b>	0,0%	7,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>V.PARANAPANEMA</b>	0,0%	0,2%	0,0%	1,2%	0,0%	0,1%

Na Avaliação Probabilística de Produtividades relacionada às concessionárias de distribuição de energia, a composição utilizada foi aquela que considera uma visão pessimista e conservadora tanto para inputs como para outputs. Em relação aos inputs, para as concessionárias é mais importante o afastamento da fronteira de piores desempenhos do que a aproximação da fronteira de excelência, pois quanto mais se afastarem da fronteira de pior resultado menor será o risco de receberem multas. O output segue a mesma ótica, pessimista e conservadora, pois é de interesse da concessionária não minimizar sua Receita.

Sendo assim, a composição aqui escolhida (pessimista e conservadora), ou seja, não minimizar nenhum output e não maximizar nenhum input, apresenta a seguinte formulação algébrica:

$$(5) \prod_{k=1}^{k=p} (1 - m_{i,k}) \prod_{j=1}^{j=n} (1 - M_{i,j}).$$

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados das composições utilizando as distribuições Uniforme e Pareto, sob a ótica pessimista e conservadora nos anos de 2006 e 2007.

Tabela 5 – Produtividade de cada concessionária utilizando a Distribuição Uniforme e Pareto no ano de 2006.

Empresa	2 inputs		2 inputs e 1 output	
	Produtividade		Produtividade	
	Uniforme	Pareto	Uniforme	Pareto
<b>AES-SUL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>AMPLA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>BANDEIRANTE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>Boa Vista</b>	99%	98%	98%	98%
<b>BRAGANTINA</b>	100%	100%	100%	100%

CAIUÁ	100%	100%	100%	100%
CAT-LEO	100%	100%	100%	100%
CEA	94%	88%	94%	88%
CEAL	100%	100%	100%	100%
CEAM	8%	30%	8%	30%
CEB	100%	100%	100%	100%
CEEE	100%	100%	100%	100%
CELB	100%	100%	99%	100%
CELESC	100%	100%	100%	100%
CELG	100%	100%	100%	100%
CELPA	95%	90%	95%	90%
CELPE	100%	100%	100%	100%
CELTINS	89%	82%	89%	82%
CEMAR	97%	94%	97%	94%
CEMAT	100%	99%	100%	99%
CEMIG	100%	100%	100%	100%
CENF	100%	100%	98%	100%
CEPISA	87%	79%	87%	79%
CERON	93%	86%	93%	86%
CFLO	100%	100%	96%	100%
CHESP	99%	97%	93%	95%
COCEL	100%	100%	96%	100%
COELBA	100%	100%	100%	100%
COELCE	100%	100%	100%	100%
COOPERALIANÇA	100%	100%	95%	100%
COPEL	100%	100%	100%	100%
CORONEL VIVIDA	100%	100%	93%	83%
COSERN	100%	100%	100%	100%
CPEE	100%	100%	98%	100%
CPFL	100%	100%	100%	100%
CSPE	100%	100%	99%	100%
DEMEI	100%	100%	94%	99%
ELEKTRO	100%	100%	100%	100%
ELETROACRE	100%	100%	100%	100%
ELETROCAR	100%	100%	95%	100%
ELETROPAULO	100%	100%	100%	100%
ENERGIPE	100%	100%	100%	100%
ENERSUL	100%	100%	100%	100%
ESCELSA	100%	100%	100%	100%
IENERGIA	100%	100%	96%	100%
JAGUARI	100%	100%	98%	100%
JOÃO CESA	100%	100%	92%	53%
LIGHT	100%	100%	100%	100%
MANAUS	100%	99%	100%	99%
MOCOCA	100%	100%	97%	100%
MUXFELDT	100%	100%	93%	86%
NACIONAL	100%	100%	99%	100%
NOVA PALMA	99%	97%	92%	91%
PANAMBI	100%	100%	94%	97%
PIRATININGA	100%	100%	100%	100%
POÇO DE CALDAS	100%	100%	99%	100%
RGE	100%	100%	100%	100%

<b>SAELPA</b>	92%	88%	92%	88%
<b>SANTA CRUZ</b>	100%	100%	100%	100%
<b>SANTA MARIA</b>	100%	100%	99%	100%
<b>SULGIPE</b>	100%	100%	96%	100%
<b>URUSSANGA</b>	100%	100%	93%	92%
<b>V.PARANAPANEMA</b>	100%	100%	100%	100%

Tabela 6 – Produtividade de cada concessionária utilizando a Distribuição Uniforme e Pareto no ano de 2007

Empresa	2 inputs		2 inputs e 1 output	
	Produtividade		Produtividade	
	Uniforme	Pareto	Uniforme	Pareto
<b>AES-SUL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>AMPLA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>BANDEIRANTE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>Boa Vista</b>	98%	95%	97%	95%
<b>BRAGANTINA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CAIUÁ</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CAT-LEO</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CEA</b>	95%	88%	94%	88%
<b>CEAL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CEAM</b>	8%	31%	8%	31%
<b>CEB</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CEEE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CELB</b>	100%	100%	99%	100%
<b>CELESC</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CELG</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CELPA</b>	86%	77%	86%	77%
<b>CELPE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CELTINS</b>	95%	89%	95%	89%
<b>CEMAR</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CEMAT</b>	100%	99%	100%	99%
<b>CEMIG</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CENF</b>	100%	100%	98%	100%
<b>CEPISA</b>	95%	90%	95%	90%
<b>CERON</b>	92%	84%	92%	84%
<b>CFLO</b>	100%	100%	96%	100%
<b>CHESP</b>	98%	94%	91%	92%
<b>COCEL</b>	100%	100%	96%	100%
<b>COELBA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>COELCE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>COOPERALIANÇA</b>	100%	100%	95%	100%
<b>COPEL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CORONEL VIVIDA</b>	100%	100%	93%	81%
<b>COSERN</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CPEE</b>	100%	100%	98%	100%

<b>CPFL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>CSPE</b>	100%	100%	99%	100%
<b>DEMEI</b>	100%	100%	94%	99%
<b>ELEKTRO</b>	100%	100%	100%	100%
<b>ELETRACRE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>ELETRCAR</b>	98%	96%	93%	95%
<b>ELETROPAULO</b>	100%	100%	100%	100%
<b>ENERGIPE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>ENERSUL</b>	100%	100%	100%	100%
<b>ESCELSA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>IENERGIA</b>	100%	100%	96%	100%
<b>JAGUARI</b>	100%	100%	99%	100%
<b>JOÃO CESA</b>	100%	100%	92%	52%
<b>LIGHT</b>	100%	100%	100%	100%
<b>MANAUS</b>	91%	85%	91%	85%
<b>MOCOCA</b>	100%	100%	96%	100%
<b>MUXFELDT</b>	100%	100%	93%	87%
<b>NACIONAL</b>	100%	100%	99%	100%
<b>NOVA PALMA</b>	100%	100%	94%	95%
<b>PANAMBI</b>	100%	100%	93%	97%
<b>PIRATININGA</b>	100%	100%	100%	100%
<b>POÇO DE CALDAS</b>	100%	100%	99%	100%
<b>RGE</b>	100%	100%	100%	100%
<b>SAELPA</b>	99%	98%	99%	98%
<b>SANTA CRUZ</b>	100%	100%	100%	100%
<b>SANTA MARIA</b>	100%	100%	99%	100%
<b>SULGIPE</b>	100%	100%	96%	100%
<b>URUSSANGA</b>	100%	100%	93%	93%
<b>V.PARANAPANEMA</b>	100%	100%	100%	100%

Considerando a análise referente a apenas 2 inputs, a concessionária CEAM foi a que apresentou pior desempenho dentre todas as concessionárias nos anos de 2006 e 2007 tanto utilizando Distribuição Uniforme como a Distribuição Pareto. O baixo desempenho da CEAM foi devido às altas probabilidades de maximizar tanto o DEC quanto o FEC, que ao realizar o cálculo das composições resultou em baixos escores de produtividade relativa.

As concessionárias MANAUS e CELPA foram as que apresentaram maior variação, onde a MANAUS teve uma queda em sua produtividade em 2006 de 100% para 91% em 2007 utilizando a Distribuição Uniforme e de 99% para 85% utilizando a Distribuição Pareto.

A CELPA teve uma queda de 2006 para 2007 de 95% para 86% utilizando distribuição Uniforme e de 90% para 77% utilizando Distribuição Pareto.

Considerando agora a análise com 2 inputs e 1 output, a CEAM continuou apresentando pior desempenho, pois apesar de apresentar baixa probabilidade de minimizar a

variável Receita sua produtividade se manteve praticamente a mesma em relação à análise anterior devido as altas probabilidades de maximização para os indicadores DEC e FEC.

Algumas concessionárias tiveram seu escore reduzido quando comparado com a análise anterior utilizando-se apenas 2 inputs. Isto ocorre porque este modelo penaliza as concessionárias que apresentam alta probabilidade de minimização da variável Receita.

Dentre as concessionárias prejudicadas por esse modelo utilizando, respectivamente, as Distribuições Uniforme e Pareto nos anos de 2006 e 2007, com as seguintes variações de produtividade, destacam-se: a JOÃO CESA (variando de 92% e 53% para 92% e 52%), as concessionárias CORONEL VIVIDA (variando de 93% e 83% para 93% e 82%), MUXFELDT (variando de 93% e 86% para 93% e 87%), URUSSANGA (variando de 93% e 92% para 93% e 93%), PANAMBI (variando de 94% e 97% para 93% e 97%), BOA VISTA (variando de 98% e 98% para 97% e 95%) e MOCOCA (variando de 97% e 100% para 96% e 100%), .

A CHESP teve uma queda de produtividade na ordem de 3% de 2006 para 2007, assim como a ELETROCAR que teve uma queda de 2% quando utilizada a Distribuição Uniforme e 5% quando utilizada a Distribuição Pareto.

Por outro lado, a NOVA PALMA teve um aumento de produtividade na ordem de aproximadamente 3 % de 2006 para 2007, assim como a CEMAR, que apresentou em 2007 produtividade idêntica à das concessionárias mais eficientes. As demais concessionárias ficaram bem próximas à produtividade máxima.

## 5.1 ANÁLISE DO ÍNDICE DE MALMQUIST

O objetivo desta seção é avaliar através do índice de Malmquist a evolução da produtividade das concessionárias durante os anos de 2006 e 2007. O cálculo do índice foi obtido através da média geométrica de duas razões de eficiência, a primeira é calculada substituindo-se, no conjunto dos valores de DEC e FEC do ano de 2006, os da concessionária cuja evolução se deseja avaliar pelos valores de DEC e FEC da mesma concessionária do ano de 2007, a partir daí são calculadas as produtividades com os novos valores inseridos. Assim, a primeira razão é obtida dividindo-se a produtividade da *i*-ésima concessionária com os valores alterados pela produtividade da mesma com os valores reais. A segunda razão é obtida de maneira análoga, substituindo-se os valores de DEC e FEC de 2006 da concessionária cuja evolução se deseja medir no conjunto dos valores do ano de 2007.

Como a análise anterior revelou a grande concordância entre os resultados obtidos com diferentes distribuições e com diferentes modelos, para o cálculo do índice de Malmquist será adotada a Distribuição Uniforme e a análise será restrita apenas ao modelo com apenas os indicadores DEC e FEC.

A tabela 7 apresenta os valores das produtividades das razões de eficiência dos indicadores de continuidades substituídos em 2006 e 2007 e o índice de Malmquist obtido através da média geométrica das duas razões.

Tabela 7 – Índice de Malmquist relativo a cada concessionária.

<b>Empresa</b>	<b>1ªrazão</b>	<b>2ªrazão</b>	<b>Malmquist</b>
<b>AES-SUL</b>	100%	100%	100%
<b>AMPLA</b>	100%	100%	100%
<b>BANDEIRANTE</b>	100%	100%	100%
<b>Boa Vista</b>	98%	99%	98%
<b>BRAGANTINA</b>	100%	100%	100%
<b>CAIUÁ</b>	100%	100%	100%
<b>CAT-LEO</b>	100%	100%	100%
<b>CEA</b>	97%	99%	98%
<b>CEAL</b>	100%	100%	100%
<b>CEAM</b>	75%	72%	<b>73%</b>
<b>CEB</b>	100%	100%	100%
<b>CEEE</b>	100%	100%	100%
<b>CELB</b>	100%	100%	100%
<b>CELESC</b>	100%	100%	100%
<b>CELG</b>	100%	100%	100%
<b>CELPA</b>	87%	89%	<b>88%</b>
<b>CELPE</b>	100%	100%	100%
<b>CELTINS</b>	103%	103%	103%
<b>CEMAR</b>	104%	102%	103%
<b>CEMAT</b>	101%	100%	100%
<b>CEMIG</b>	100%	100%	100%
<b>CENF</b>	100%	100%	100%
<b>CEPISA</b>	106%	105%	<b>105%</b>
<b>CERON</b>	95%	97%	<b>96%</b>
<b>CFLO</b>	100%	100%	100%
<b>CHESP</b>	97%	99%	98%
<b>COCEL</b>	100%	100%	100%
<b>COELBA</b>	100%	100%	100%
<b>COELCE</b>	100%	100%	100%
<b>COOPERALIANÇA</b>	100%	100%	100%
<b>COPEL</b>	100%	100%	100%
<b>CORONEL VIVIDA</b>	100%	100%	100%
<b>COSERN</b>	100%	100%	100%
<b>CPEE</b>	100%	100%	100%
<b>CPFL</b>	100%	100%	100%

<b>CSPE</b>	100%	100%	100%
<b>DEMEI</b>	100%	100%	100%
<b>ELEKTRO</b>	100%	100%	100%
<b>ELETROACRE</b>	100%	100%	100%
<b>ELETROCAR</b>	97%	98%	97%
<b>ELETROPAULO</b>	100%	100%	100%
<b>ENERGIPE</b>	100%	100%	100%
<b>ENERSUL</b>	100%	100%	100%
<b>ESCELSA</b>	100%	100%	100%
<b>IENERGIA</b>	100%	100%	100%
<b>JAGUARI</b>	100%	100%	100%
<b>JOÃO CESA</b>	100%	100%	100%
<b>LIGHT</b>	100%	100%	100%
<b>MANAUS</b>	89%	91%	<b>90%</b>
<b>MOCOCA</b>	100%	100%	100%
<b>MUXFELDT</b>	100%	100%	100%
<b>NACIONAL</b>	100%	100%	100%
<b>NOVA PALMA</b>	101%	101%	101%
<b>PANAMBI</b>	100%	100%	100%
<b>PIRATININGA</b>	100%	100%	100%
<b>POÇO DE CALDAS</b>	100%	100%	100%
<b>RGE</b>	100%	100%	100%
<b>SAELPA</b>	108%	106%	<b>107%</b>
<b>SANTA CRUZ</b>	100%	100%	100%
<b>SANTA MARIA</b>	100%	100%	100%
<b>SULGIPE</b>	100%	100%	100%
<b>URUSSANGA</b>	100%	100%	100%
<b>V.PARANAPANEMA</b>	100%	100%	100%

Analisando o índice de Malmquist de cada concessionária, observa-se que a maioria obteve produtividade constante ou com uma variação inferior a 3%, das restantes destacam-se a CEAM com o maior decréscimo na produtividade, 27%, seguida pela CELPA com 12% de redução, a Manaus com 10% e a CERON com 4%.

Das concessionárias com aumento em sua produtividade destacam-se a SAELPA com um aumento de 7% e a CEPISA com um aumento de 5%.

Esta análise se destina principalmente a identificar se as concessionárias que ainda não atingiram os níveis de desempenho desejados apresentam alguma melhora. O resultado da análise indica que, no curto período de um ano, de 2006 para 2007, apenas a CEPISA e a SAELPA tiveram um ganho de produtividade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procura propor um modelo simples para avaliação do desempenho das concessionárias baseado nos indicadores de continuidade de fornecimento de energia (DEC e FEC) referentes aos anos de 2006 e 2007.

Através da Avaliação Probabilística de Produtividades foi possível, com a transformação dos valores numéricos originais apresentados de forma determinística em valores probabilísticos referentes à probabilidade de atingir a fronteira de referência, identificar as concessionárias menos eficientes. Estas seriam as concessionárias que menos se afastassem da fronteira de pior desempenho, ou seja, as que possuísem os menores valores de produtividade.

## REFERÊNCIAS

- (1) CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, Nov. 1982.
- (2) FÄRE, R. et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, v. 84, n. 1, p. 66-83, Mar.1994.
- (3) FARREL, M. J. The measurement of production efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*. 1957.
- (4) MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, n. 4, p. 209-242, 1953.
- (5) Mello, J. C. B. S.; Senra, L. F. A. C. Uso de Técnicas de Seleção de Variáveis em DEA para Analisar o Setor Elétrico. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, V.4 n.04, Niterói – RJ*. Disponível em <<http://www.producao.uff.br/conteudo>>.
- (6) PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento das metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. *Pesquisa Operacional*, v.27, n.1, p.51-83, Abril 2007.
- (7) Pimentel, R. F. Setor Elétrico Brasileiro em Transição – Regulamentação e Mercado. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, V.1 n.10, Niterói – RJ*. Disponível em <<http://www.producao.uff.br/conteudo>>.
- (8) PIRES, J.C.L. e PICCININI, M.S. Mecanismos de regulação tarifária do setor elétrico: a experiência internacional e o caso brasileiro. *Textos para Discussão 64, BNDES, Rio de Janeiro, Julho de 1998*.

- (9) SANT'ANNA, A. P (2002). Cálculo Probabilístico de Produtividades Globais. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, V.1 n.02, Niterói – RJ. Disponível em <<http://www.producao.uff.br/conteudo>>. Acesso em: 09/11/2008
- (10) SANT'ANNA, A. P.; SOUZA, S. H. L. Classificação de Medidas Probabilísticas de Produtividade: O Caso dos Cursos de Pós-Graduação. ENGEVISTA, Niterói, RJ, v.5, n.9, p.50-58, 2003.
- (11) SANT'ANNA, A. P. Composição probabilística de critérios na avaliação de cursos. Revista Brasileira de Pós-Graduação, v. 2, n. 3, p. 40-54, Mar. 2005.
- (12) SANT'ANNA, A. P.; SANT'ANNA, L.A.F.P. (2006). Avaliação Probabilística do Aproveitamento da Localização de Usinas Hidrelétricas. Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, V.6, n.09. Niterói – RJ. Disponível em <<http://www.producao.uff.br/conteudo>>. Acesso em: 07/10/2008
- (13) SPERANDIO, M.; COELHO, J.; GAUCHE, E.; NASSAR, S. M.; QUEIROZ, H.; NASARENO, J. Revisão dos Critérios para Agrupamentos de Conjuntos Consumidores de Energia Elétrica. IX Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica. Rio de Janeiro – RJ. 23 a 27 de Maio de 2004.
- (14) TANURE, J.E.P.S.; CARVALHO, E.B. “Regulação por Comparação de Desempenho para o Estabelecimento de Metas de Continuidade de Fornecimento.” Anais do XIV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu, 2001.