

## Análise da sustentabilidade multidimensional no setor elétrico brasileiro por meio da DEA

### *Analysis of the multidimensional sustainability in the Brazilian electrical sector through DEA*

Marcelo Alvaro da Silva Macedo<sup>[a]</sup>, Fabrício Carvalho Cípola<sup>[b]</sup>, Antonio Francisco Ritter Ferreira<sup>[c]</sup>, Márcio Flávio Amaral de Souza<sup>[d]</sup>

<sup>[a]</sup> Pós-Doutorado em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (USP), professor adjunto do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: malvaro.facc.ufrj@gmail.com

<sup>[b]</sup> Mestre em Gestão e Estratégia em Negócios pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: fcipola@terra.com.br

<sup>[c]</sup> Mestre em Gestão e Estratégia em Negócios pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, (UFRRJ), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: afritter@yahoo.com.br

<sup>[d]</sup> Mestre em Gestão e Estratégia em Negócios pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: mflavios@terra.com.br

### Resumo

Este estudo tem por objetivo verificar, através da aplicação de DEA, o desempenho multidimensional de 15 empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil, no que diz respeito à atuação nas seguintes dimensões: socioambiental, operacional e contábil-financeira, nos anos de 2004 e 2005. Para cada perspectiva/dimensão foi montado um modelo de análise multicriterial, que combina as variáveis/critérios referentes a cada natureza. Procura-se, por fim, discutir a sustentabilidade de cada organização frente a estas múltiplas perspectivas/dimensões do desempenho organizacional. Os resultados do estudo mostram que Celpe, Coelba, Copel, Energipe e Enersul são as que apresentam os melhores desempenhos multidimensionais, enquanto a Ampla é a distribuidora de energia com pior desempenho na combinação das três perspectivas sob análise.

**Palavras-chave:** Desempenho organizacional. Análise multicriterial. Sustentabilidade.

### Abstract

*This study aims to verify, through the application of DEA, the multidimensional performance of fifteen Brazilian electricity distribution companies, related to the following dimensions: social and environmental, operational and accounting and financial, during the years of 2004 and 2005. For each perspective/dimension was created a multicriteria analysis model, which combines the variables/criteria related to each perspective/dimension. Finally, it seeks to discuss the sustainability of each organization in relation to these multiples perspective/dimension of organizational performance. The study results show that Celpe, Coelba, Copel, Energipe and Enersul are the ones with the best*

*multidimensional performances, while Ampla is the electricity distribution company with the worst performance on the mix of the three perspectives under analysis.*

**Keywords:** *Organizational performance. Multi-criteria analysis. Sustainability.*

## Introdução

A globalização e a abertura dos mercados fizeram com que as organizações sofressem mudanças para se adaptarem ao novo quadro mundial. Neste quadro, em que a competitividade é um fator determinante, os sistemas de medição de desempenho se tornaram indispensáveis.

A análise de desempenho de uma organização é sempre algo passivo de muitas discussões. Questionamentos sobre quais indicadores utilizar e como consolidá-los de forma a estabelecer um critério justo de avaliação de *performance* estão presentes em vários estudos e no dia a dia das empresas.

A definição de parâmetros que demonstrem de forma adequada e relevante o desempenho de uma companhia ainda é um grande desafio para o mercado e a comunidade acadêmica, haja vista a quantidade de índices existentes para que sejam utilizados pela administração e o público em geral, refletindo sempre a necessidade de dados complementares para uma tomada de decisão.

O processo de mensurar o desempenho organizacional, como todos os aspectos de gestão, é um processo permanente e repetitivo, no qual a frequência das medições depende da atividade a ser medida. As medições de desempenho possuem várias razões, entre as quais as mais importantes são monitorar o progresso da empresa e corrigir eventuais falhas. Mas, além disso, o gestor pode, através da avaliação do desempenho da empresa, se preparar para enfrentar as mudanças ambientais, principalmente no que concerne à natureza mutável da competição e à criação de valor para o cliente. É fundamental, portanto, que esta avaliação seja feita em caráter relativo, ou seja, mensurando o desempenho da organização em relação a seu ambiente competitivo.

É importante destacar que não existe um modelo de avaliação de desempenho organizacional que seja único para todas as variáveis do mundo empresarial. No entanto, alguns métodos são capazes de considerar aspectos diversificados, assumindo, assim, um papel crucial na avaliação da *performance* empresarial,

como a medida de eficiência DEA (*Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados), utilizada neste trabalho.

Neste contexto, o problema de pesquisa aqui tratado é sobre como consolidar múltiplas perspectivas do desempenho organizacional, de modo a obter um indicador da sustentabilidade da empresa, ou seja, de sua capacidade competitiva.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é, então, analisar o desempenho organizacional de quinze empresas distribuidoras de energia elétrica, sob múltiplas perspectivas/dimensões, para os anos de 2004 e 2005. A ideia é verificar a sustentabilidade de cada empresa analisada, de forma comparativa e multicriterial, levando em conta vetores/critérios de desempenho de naturezas distintas.

No presente estudo considera-se que a sustentabilidade de um negócio será alcançada se a empresa obtiver eficiência em sua atuação nas dimensões socioambiental, operacional e contábil-financeira. Esta é uma importante limitação deste trabalho, que só considera para fins de análise do desempenho estas perspectivas/dimensões. Isso não invalida seus resultados, mas restringe seu foco.

Por fim, cabe destacar que as seguintes questões de pesquisa, desdobradas a partir do problema de pesquisa apresentado anteriormente, serão respondidas:

- Qual o desempenho de cada empresa em cada perspectiva/dimensão em cada ano de análise?
- Como as empresas tidas como ineficientes poderiam melhorar sua *performance* em cada perspectiva/dimensão?
- Quais os resultados de uma análise multidimensional do desempenho (consolidando as várias perspectivas/dimensões) em cada ano?

## Setor elétrico no Brasil: uma visão preliminar

Segundo Bhattacharyya (2007), o papel fundamental que o setor de energia elétrica tem na atividade

econômica fica por conta da mútua interdependência entre a economia e o setor elétrico. Isso porque o setor de energia utiliza insumos de vários setores produtivos e este setor também se mostra insumo para outros diversos tipos de atividades econômicas.

De acordo com Greiner (1994), o setor elétrico, no Brasil, desde a privatização passou para um modelo estatal híbrido, no qual o governo é regulador, mantendo ainda atividades com geração, transmissão e distribuição, diante de empresas privadas que atuam nos três segmentos de energia elétrica. O autor também ilustra que este cenário surge em um contexto de fragilidade em termos políticos e ideológicos e da precariedade do quadro institucional e inconsistências relacionadas à regulação e normatização desta atividade.

Guedes e Fonseca (2007) apontam que a entrada de empresas de capital estrangeiro no setor de energia elétrica no Brasil, a partir de 1995, deu-se tanto pela estratégia das empresas internacionais de diversificar seus negócios quanto pelos processos de desregulamentação e de privatização que ocorriam no país. Ainda para os autores, o esgotamento do comportamento intervencionista do Estado, marcado pela dificuldade de crédito no mercado internacional, ilustra a ineficiência da gerência estatal nos serviços públicos a partir de 1990.

Ainda para estes autores, na década de 1990 fora criada, por decreto, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável pela regulamentação do setor. O Estado diminuía, então, sua participação neste setor, passando de provedor, no modelo que existia anteriormente, para a função de regulador, criando uma agência como a ANEEL.

No entendimento de Abreu (1997), o processo de privatização tinha por objetivo remover as ineficiências da gestão direta pelo Estado ao migrar a concessão para a exploração de serviços para as empresas privadas, sem limitações quanto à origem do capital.

Contudo, de acordo com um relatório do World Bank (2004), embora o processo de privatização dos anos 1990 tenha trazido a promessa de transformar as empresas estatais, consideradas como letárgicas e ineficientes, em empresas dinâmicas e fontes de produtividade e dinamismo, o mesmo relatório aponta que o processo de privatização trouxe dissabores como a contestação do papel das empresas ao eliminarem postos de trabalho, aumento dos lucros, os preços das vendas das empresas terem sido subestimados, sendo um processo que mais promessas trouxera do que, efetivamente, as realizara. Já Leme (2005) aponta em

direção oposta. Segundo este autor, a reforma do setor elétrico no país foi exemplar, pois considerou somente questões de ordem econômica e financeira.

Neste novo cenário, de regulamentação por parte do Estado e oferta/entrega de energia por parte das empresas, algumas privadas e outras ainda estatais, Blose e Tankersley (2004) comentam que tanto as organizações públicas quanto as privadas estão direcionadas no sentido de racionalizarem custos, orientarem seus serviços para os clientes, visando à retenção do cliente. Algumas empresas estão ainda disponibilizando a chamada energia “ambientalmente” correta, gerada a partir de fontes não poluidoras.

### Desempenho multicriterial

De acordo com Crozatti e Guerreiro (2003), os processos de gestão empresarial, responsáveis pela condução das atividades tanto em nível estratégico como operacional, têm recebido atenção de maneira mais intensa nos últimos anos, principalmente no que tange à diversidade de conceitos e modelos de mensuração e de avaliação do desempenho construídos no intuito de preparar as organizações para enfrentarem os desafios do ambiente competitivo.

Segundo Omaki (2005), considerações sobre desempenho superior e estratégias que permitam alcançá-lo sempre estiveram presentes nas organizações. Entender as razões do sucesso das empresas e os meios que levam as organizações a alcançarem vantagem competitiva sustentável tornou-se uma área de pesquisa de relevante importância nas ciências gerenciais.

Uma vantagem competitiva sustentável, ressaltam Brito et al. (2005), não advém de ações isoladas, ela deriva de decisões estratégicas de criação de valor que não estejam sendo simultaneamente implementadas pelos concorrentes e que visem obter do mercado e da própria empresa as melhores opções.

Ou seja, de acordo com Macedo, Farias da Silva e Melo Santos (2006a), cada fator considerado no processo de mensuração de desempenho precisa ser de tal ordem que o sucesso empresarial tenha este como de fundamental importância. Estes seriam pontos críticos ou fatores críticos do sucesso empresarial, que necessitam ser monitorados. Estes são, geralmente, os elementos mais significativos da operação da empresa.

Gartner (2005) diz que se pode sintetizar os objetivos básicos a serem alcançados pelo gestores como:

maximizar as funções de lucratividade e participação de mercado, que são naturalmente antagônicas em mercados altamente competitivos, ao mesmo tempo em que se considera a responsabilidade social da empresa. O monitoramento do alcance desses objetivos pode ser feito por meio de um processo de avaliação de desempenho que tome por base a abordagem das referências de nível (*benchmarking*). Por essa abordagem, definem-se os critérios de avaliação e comparam-se os resultados alcançados pela empresa com aqueles obtidos pelas melhores empresas do setor. Assim sendo, conclui o autor, tal análise possibilita que os gestores estabeleçam parâmetros de desempenho para indicadores estratégicos globais, especialmente àqueles de mercado e financeiros, o que subsidiará o planejamento dos sistemas de avaliação do desempenho.

Segundo Kaplan e Norton (1997), as organizações têm tentado se inserir no mercado competitivo lançando mão de diversas iniciativas de melhoria. Entretanto, melhorias de desempenho exigem mudanças também nos sistemas de mediação e gestão utilizados pelas empresas, pois é impossível atingir a excelência empresarial controlando apenas as medidas financeiras do desempenho passado, visto que os executivos necessitam de indicadores sobre vários aspectos do ambiente e desempenho organizacional.

Hendriksen e Van Breda (1999) enfatizam que a mensuração do desempenho pode ser feita sob a ótica de valores monetários, normalmente utilizando dados contábil-financeiros, e/ou sob a ótica de informações não monetárias. Isso porque, ressaltam Macedo e Farias da Silva (2005), o uso de indicadores oriundos unicamente de práticas contábil-financeiras é importante, mas não conseguem traduzir todos os objetivos estratégicos das empresas. Sendo assim, continua Iudícibus (1998), a finalidade da análise de desempenho deve ser mais do que retratar o que aconteceu no passado, mas também fornecer algumas bases para analisar o que poderá acontecer no futuro, através da conjugação de informações de ambas as naturezas. Isso leva, segundo estes autores, o sistema de avaliação do desempenho a uma condição diferenciada no que diz respeito a certas predições para subsidiar o processo decisório.

Segundo Machado et al. (2003), as empresas, no passado, tomavam decisões baseadas unicamente em informações financeiras, porém, atualmente, as tomadas de decisões envolvem um maior número de variáveis, exigindo uma grande preocupação entre os

gestores com indicadores como: satisfação de clientes, qualidade dos produtos, participação no mercado, retenção de clientes, fidelidade dos clientes, inovação, habilidades estratégicas e outros.

Wanderley et al. (2003) dizem que os métodos de avaliação do desempenho empresarial que se baseiam apenas em indicadores contábeis e financeiros vêm se tornando insuficientes. É esse contexto que explica o surgimento de diversos modelos de mensuração de desempenho, com o propósito de gerenciar eficientemente as informações corporativas (financeiras e não financeiras) que dão suporte à tomada de decisões. Um grande número de empresas está na busca incessante por tais sistemas, gerando assim a necessidade de maiores estudos sobre sistemas de medição de desempenho.

De acordo com Machado et al. (2003), o uso de medidas não financeiras e financeiras, auxiliando os administradores a focarem suas ações em perspectivas de longo e curto prazos, é adequado para orientar e avaliar a trajetória da empresa em um ambiente competitivo. Os indicadores financeiros como medidas de ocorrência contam parte, mas não toda a história das ações passadas. Estes, isolados, não são capazes de fornecer orientações adequadas para as ações que devem ser realizadas hoje e amanhã para criar valor financeiro futuro, porém estas não devem ser esquecidas quando da avaliação de desempenho, pois são provas concretas dos efeitos de todas as outras medidas.

Brito e Vasconcelos (2005) destacam que o desempenho tem sido visto, geralmente, como tendo uma natureza multidimensional, podendo ser uma função de valor único (como no DEA), que incorpore todas as dimensões, inclusive um componente futurístico relativo à capacidade da empresa em enfrentar desafios.

Segundo Macedo, Farias da Silva e Melo Santos (2006b), na análise de desempenho organizacional, é comum o uso de uma grande variedade de indicadores e métricas de eficiência, que de uma forma geral dificultam uma avaliação final, visto que falham em prover os decisores de uma medida singular, porém multicriterial. Isso traz à tona a questão de que utilizar múltiplos critérios não necessariamente gera uma visão multicriterial, que só é alcançada quando da utilização de uma ferramenta de consolidação dos vetores de desempenho que gere uma métrica única, capaz de representar a complexidade da análise. A Análise Envoltória de Dados (DEA), que consiste

em uma técnica de programação matemática, pode ser uma solução para esse tipo de problema.

## Metodologia do estudo

Esta pesquisa pode ser caracterizada, de acordo com o exposto por Vergara (2004), como sendo descritiva e quantitativa, pois procura-se, através da aplicação da análise envoltória de dados às informações pertinentes das empresas distribuidoras de energia elétrica que fazem parte da amostra, expor características a respeito do desempenho multidimensional destas, combinado às perspectivas/dimensões socioambiental, operacional e contábil-financeira.

O processo de amostragem é não probabilístico, uma vez que parte-se de um universo naturalmente restrito, pois as empresas do setor elétrico foram escolhidas pela disponibilidade e acessibilidade às informações necessárias ao estudo. Isso traz algumas limitações de inferência, mas não invalida os resultados da pesquisa, já que não se tem por objetivo generalizar os achados.

Esta pesquisa foi feita a partir de dados secundários colhidos na edição de 2006 do Anuário Séries 2006, editado pela Eletrobrás e produzido em conjunto com o Grupo de Estudos do Setor Elétrico – GESEL/NUCA/IE/UFRJ, de 15 distribuidoras de energia elétrica. De cada uma das empresas selecionadas, foram coletadas informações/critérios, que foram divididas em três modelos de análise do desempenho organizacional, cada um com uma perspectiva/dimensão diferente: socioambiental, operacional e contábil-financeira.

A escolha destas variáveis/critérios se deve ao fato destes serem os principais grupos disponíveis na publicação utilizada, que representam a atuação nestas diversas dimensões. A seguir, tem-se uma descrição sucinta de cada índice/critério em cada modelo utilizado:

1) modelo 01: Desempenho Socioambiental – procura-se verificar qual a eficiência de cada empresa na conversão da capacidade de investimento (*input*), medida pela receita líquida, em benefícios socioambientais (*outputs*), medidos pelos indicadores sociais internos e externos e pelos indicadores ambientais. A lógica do modelo é observar a relação entre capacidade de investimento e benefícios socioambientais, de forma que quanto maiores forem os benefícios para uma menor capacidade de investimento,

maior será a eficiência e, por conseguinte, o desempenho socioambiental da empresa:

- investimento social interno (ISI): representa o *output* 01 e mede o total de recursos investidos no bem-estar dos funcionários. É um índice do tipo quanto maior, melhor o desempenho;
- investimento social externo (ISE): indicador que representa o *output* 02, sendo obtido pela soma de todos os recursos investidos pelas empresas em benefício da sociedade, em áreas tais como: educação, saúde, cultura, etc. É um índice do tipo quanto maior, melhor o desempenho;
- investimento ambiental: representa o *output* 03 e mede os investimentos na área ambiental. Por conta disso, é um índice do tipo quanto maior, melhor o desempenho;
- receita líquida (RL): representa o *input* 01 e mede o faturamento líquido da empresa (receita operacional bruta menos deduções e impostos sobre vendas). É utilizado na análise como uma *proxy* da disponibilidade de recursos da empresa para investir na área socioambiental. É, portanto, um índice do tipo quanto menor, melhor o desempenho.

2) modelo 02: Desempenho Operacional – procura-se verificar a eficiência da empresa no atendimento a seus clientes e na transformação de receita em lucro. A ideia é verificar o desempenho tendo como *input* a qualidade dos serviços prestados e como *output* a margem de lucro operacional. A eficiência é alcançada pelas empresas que possuem alta qualidade de serviços prestados (baixos DEC e FEC) e alta margem de lucro operacional (EBITDA):

- DEC: representa o *input* 01 e mede a duração de interrupção equivalente por consumidor, medida pelo número de horas que, em média, cada consumidor ficou desligado no período. Mede, portanto, a qualidade da prestação do serviço de distribuição, sendo um índice do tipo quanto menor, melhor o desempenho;
- FEC: representa o *input* 02 e mede o número de interrupções ocorridas, em média, em cada unidade consumidora. Também mede, sob outra perspectiva, a qualidade do serviço prestado, sendo um índice do tipo quanto menor, melhor o desempenho;
- margem operacional (MOp): representa o *output* 01 e mede a divisão do EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation*

and Amortization) pela receita líquida. Mede, portanto, o percentual da receita que se transforma em lucro operacional, sendo um indicador do tipo quanto maior, melhor o desempenho.

### 3) modelo 03: Desempenho Contábil-Financeiro

– procura-se verificar a eficiência de cada empresa em termos de vetores contábil-financeiros relacionados à questão do endividamento, do capital de giro, dos investimentos em ativos fixos e da rentabilidade:

- despesas financeiras (DF): representa o *input* 01 e é obtido pela divisão das despesas financeiras pelo EBITDA. Mede o percentual de lucro operacional comprometido com juros e outras despesas provenientes do endividamento. Mostra, portanto, o risco financeiro, sendo, assim, um indicador do tipo quanto menor, melhor;
- ciclo de caixa (CC): Representa o *input* 02 e é obtido pela divisão do Prazo Médio de Contas a Receber (PMRV) pelo Prazo Médio de Contas a Pagar (PMPC). Mede o ciclo de caixa em termos relativos, já que demonstra quanto o prazo de recebimento representa do prazo de pagamento. Como a ideia é receber o quanto antes e demorar o máximo para pagar uma mesma quantia, é um indicador do tipo quanto menor, melhor o desempenho;
- grau de imobilização (IMB): Representa o *input* 03 e é calculado a partir da divisão do somatório das imobilizações em curso, da depreciação acumulada e das imobilizações em serviço pelo patrimônio líquido. Mede o quanto dos recursos próprios está comprometido com ativos de longo prazo. É um indicador de capacidade e, portanto, em termos de eficiência, é do tipo quanto menor, melhor o desempenho;
- rentabilidade operacional (ROp): Representa o *output* 01 e mede a remuneração (em termos de lucro) obtida pela empresa em relação ao investimento remunerável (ativo disponível para a prestação do serviço). É calculado a partir da divisão do EBITDA pelo investimento remunerável. É um indicador do tipo quanto maior, melhor o desempenho.

O que se busca neste artigo é apresentar e discutir uma metodologia com a qual seja possível avaliar o desempenho de cada empresa do ramo de distribuição de energia elétrica de modo multicriterial, ou seja, considerando de maneira integrada todos

os vetores de desempenho apresentados em cada modelo. Além disso, busca-se uma visão ao longo do tempo, para evitar oscilações esporádicas e pontuais e, por fim, uma visão integrada/multidimensional dos três modelos analisados.

Isso é feito através da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA), que, de acordo com Santos e Casa Nova (2005), mostra o quão uma unidade/empresa é eficiente, no tratamento de seus *inputs* e *outputs*, em relação às outras. Esta análise fornece um indicador que varia de 0 a 1 ou de 0% a 100%, sendo que somente as empresas que obtêm índice de eficiência igual a um é que são efetivamente eficientes, ou seja, fazem parte da fronteira eficiente. Em termos práticos, o modelo procura identificar a eficiência de uma empresa do setor elétrico comparando-a com os melhores desempenhos observados em cada ano.

Lins e Meza (2000) dizem que um caminho intuitivo para introduzir DEA é por meio de forma de razão. Para cada unidade, procura-se obter uma medida de razão de todos os outputs sobre todos os *inputs* ou, ainda, de todos os *inputs* sobre todos os *outputs*. Ou seja, a modelagem procura encontrar os pesos ótimos  $u_j$  e  $v_i$  para a resolução de um dos seguintes problemas de programação matemática.

No modelo com orientação *input*,  $c$  é a unidade (DMU – Decision Making Units) que está sendo avaliada. O problema acima envolve a procura de valores para  $u$  e  $v$ , que são os pesos, de modo que maximize a

$$\text{Max } E_c = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jc}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ic}} \quad \text{Orientação input}$$

$$\text{S.a.: } \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n$$

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

$$v_i \geq 0, \quad \forall i$$

$$\text{Min } E_c = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ic}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jc}} \quad \text{Orientação output}$$

$$\text{S.a.: } \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n$$

$$u_j, v_i \geq 0, \quad \forall i, j$$

soma ponderada dos *outputs* ( $y_j$ ) dividida pela soma ponderada dos *inputs* ( $x_i$ ) da DMU em estudo, sujeita à restrição de que esse quociente seja menor ou igual a um, para todas as DMUs. Esta função está sujeita à restrição de que, quando o mesmo conjunto de coeficientes de entrada e saída (os vários  $v_i$  e  $u_j$ ) for aplicado a todas as outras unidades que estão sendo comparadas, nenhuma unidade excederá 100% de eficiência ou uma razão de 1,00.

Já no modelo com orientação *output*, a eficiência é calculada pelo inverso da função objetivo, ou seja, eficiência =  $1/E$ . Este problema define a relação dos *inputs* sobre os *outputs*, onde  $c$  é o índice da unidade que está sendo avaliada. Tem-se neste problema as mesmas variáveis de decisão  $u_j$  e  $v_i$ , porém procura-se minimizar a soma ponderada dos *inputs* ( $x_i$ ) dividida

$$\begin{aligned} \text{Max } E_c &= \sum_{j=1}^m u_j y_{jc} \\ \text{S.a.: } \sum_{i=1}^m v_i x_{ic} &= 1 && \text{Orientação input} \\ \sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &\leq 0, \quad k = 1, 2, \dots, c, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0, \quad \forall i, j. \end{aligned}$$

Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar os valores que esta DMU atribuiria aos multiplicadores  $u$  e  $v$ , de modo a aparecer com a maior eficiência possível. Então, complementam os autores, o problema consiste em achar os valores das variáveis  $u_j$  e  $v_i$ , que são os pesos (importância relativa de cada variável/critério), de modo que se maximize a soma ponderada dos *outputs* (*output* "virtual") dividida pela soma ponderada dos *inputs* (*input* "virtual") da DMU em estudo, sujeita à restrição de que esse quociente seja menor ou igual a um para todas as DMUs.

Já no modelo com orientação *output*, quanto menor a relação  $\sum \text{inputs} / \sum \text{outputs}$ , maior a eficiência. Para cada DMU a ser analisada, formula-se um problema de otimização com o objetivo de determinar os valores que esta DMU atribuiria aos multiplicadores  $u_j$  e  $v_i$ , de modo a aparecer com a maior eficiência possível, ou seja, minimizando a soma ponderada dos *inputs* (*input* "virtual") dividida pela soma ponderada dos *outputs* (*output* "virtual") da DMU em estudo, sujeita à restrição de que esse quociente seja maior ou igual a um para todas as DMUs.

pela soma ponderada dos *outputs* ( $y_j$ ) da DMU em estudo, sujeita à restrição de que este quociente seja maior ou igual a 1 para todas as DMUs.

Segundo Charnes et al. (1994), este é um problema fracionário (não linear) de programação matemática de difícil solução, que pode ser mais facilmente resolvido transformando a relação em uma função linear, simplesmente considerando o denominador da função objetivo igual a um. De acordo com Coelli, Rao e Baltese (1998), os modelos DEA-CRS-I e DEA-CRS-O podem, então, ser apresentados da seguinte maneira:

Estas formas do problema são conhecidas como problemas dos multiplicadores, como também são chamados os pesos,  $u_j$  e  $v_i$ . Macedo e Barbosa (2007) dizem que, no modelo com orientação *input*, quanto maior a relação  $\sum \text{outputs} / \sum \text{inputs}$ , maior a eficiência.

$$\begin{aligned} \text{Min } E_c &= \sum_{i=1}^m v_i x_{ic} \\ \text{S.a.: } \sum_{j=1}^s u_j y_{jc} &= 1 && \text{Orientação output} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^n u_j y_{jk} &\leq 0, \quad k = 1, \dots, c, \dots, n \\ u_j, v_i &\geq 0, \quad \forall i, j \end{aligned}$$

Para análise das empresas do setor elétrico utiliza-se para o Modelo 01 o DEA-CRS-O e, para os Modelos 02 e 03, o DEA-CRS-I. Isso porque no modelo 01 tinha-se três *outputs* e um *input*, então, a análise buscou os melhores *outputs* (maiores) para um mesmo *input*. Já nos modelos 02 e 03 têm-se, respectivamente, dois e três *inputs*, sempre com um *output*. Logo, a modelagem buscou melhores *inputs* (menores) para um mesmo *output*.

Cabe ressaltar que a modelagem aplicada tem o objetivo não só de identificar o desempenho em relação a cada perspectiva/dimensão de análise, mas também encontrar os pontos ótimos que cada empresa deveria atingir em relação a cada parâmetro/critério de cada modelo. Isso é o que denomina-se de análise de *benchmarking*, pois procura-se com base no que as unidades eficientes já conseguem atingir em termos de desempenho, propor valores ideais para os indicadores/critérios das empresas tidas como não eficientes.

Os dados utilizados na análise podem ser vistos nos Quadros 1 (2004) e 2 (2005), apresentados por empresa. Para obter-se a eficiência de cada DMU, utilizou-se um *software* de DEA, apresentado por Meza et al. (2003), denominado SIAD.

Quadro 1 - Dados das empresas para cada modelo para o ano de 2004

DMU	Empresas	SOCIOAMBIENTAL						OPERACIONAL						CONTÁBIL-FINANCEIRO				
		ISI	ISE	IMA	RL	DEC	FEC	MOP	DF	CC	IMB	ROP						
1	Ampla	R\$ 42.261,00	R\$ 756.296,00	R\$ 7.309,00	R\$ 1.760.586,00	19,50	14,20	13,70%	37,04%	175,98%	167,80%	23,40%						
2	Bandeirante	R\$ 67.428,00	R\$ 688.029,00	R\$ 667,00	R\$ 1.822.806,00	6,80	5,80	14,50%	31,25%	109,64%	122,40%	52,10%						
3	Celipa	R\$ 91.265,00	R\$ 388.706,00	R\$ 40.588,00	R\$ 1.025.292,00	31,00	30,80	18,50%	50,00%	36,38%	153,20%	28,40%						
4	Celpe	R\$ 46.400,00	R\$ 720.893,00	R\$ 43.648,00	R\$ 1.397.925,00	15,40	8,30	13,90%	47,62%	75,05%	82,80%	29,70%						
5	Celtins	R\$ 1.588,00	R\$ 100.475,00	R\$ 26.984,00	R\$ 213.777,00	33,30	27,90	21,00%	13,51%	109,14%	134,40%	34,70%						
6	Cenf	R\$ 1.182,00	R\$ 33.848,00	R\$ -	R\$ 62.746,00	14,50	10,30	11,60%	37,04%	68,50%	90,50%	32,30%						
7	CFLCL	R\$ 10.128,00	R\$ 96.020,00	R\$ 172,00	R\$ 241.561,00	9,50	8,60	16,30%	142,86%	45,03%	246,40%	33,80%						
8	Coelba	R\$ 81.349,00	R\$ 777.012,00	R\$ 17.337,00	R\$ 2.065.672,00	15,20	9,30	22,80%	26,32%	71,02%	123,80%	44,60%						
9	Coelce	R\$ 46.746,00	R\$ 499.741,00	R\$ 4.688,00	R\$ 1.334.283,00	14,60	12,00	13,30%	45,45%	191,06%	132,00%	16,50%						
10	Copel	R\$ 325.388,00	R\$ 2.190.579,00	R\$ 25.138,00	R\$ 3.925.774,00	14,00	14,20	18,10%	11,36%	26,83%	116,90%	18,53%						
11	Eletropaulo	R\$ 905.611,00	R\$ 2.250.717,00	R\$ 748,00	R\$ 7.394.050,00	8,90	6,40	14,90%	40,98%	97,58%	299,00%	27,00%						
12	Energipe	R\$ 18.135,00	R\$ 148.852,00	R\$ 9,00	R\$ 343.316,00	13,70	10,50	25,50%	66,67%	41,03%	111,90%	66,10%						
13	Enersul	R\$ 26.288,00	R\$ 204.093,00	R\$ 4.225,00	R\$ 701.128,00	9,50	8,00	23,70%	35,71%	126,51%	123,60%	38,40%						
14	Escelsa	R\$ 41.749,00	R\$ 597.257,00	R\$ 7.501,00	R\$ 1.023.803,00	11,50	9,70	13,50%	111,11%	85,19%	348,20%	26,70%						
15	Light	R\$ 95.778,00	R\$ 1.768.920,00	R\$ 3.625,00	R\$ 4.083.363,00	8,30	6,30	19,60%	100,00%	105,11%	1530,80%	23,40%						

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2 - Dados das empresas para cada modelo para o ano de 2005

DMU	Empresas	SÓCIOAMBIENTAL						OPERACIONAL						CONTÁBIL-FINANCEIRO										
		ISI	ISE	IMA	RL	DEC	FEC	MOp	DF	CC	IMB	ROp	ISI	ISE	IMA	RL	DEC	FEC	MOp	DF	CC	IMB	ROp	
1	Ampla	R\$ 49.145,00	R\$ 949.276,00	R\$ 4.602,00	R\$ 2.146.399,00	19,50	14,60	16,40%	35,71%	126,02%	160,60%	26,20%												
2	Bandeirante	R\$ 72.503,00	R\$ 840.292,00	R\$ 1.052,00	R\$ 1.976.388,00	12,60	6,60	11,70%	34,48%	85,09%	126,70%	35,70%												
3	Celipa	R\$ 38.081,00	R\$ 656.950,00	R\$ 15.203,00	R\$ 1.124.792,00	34,40	35,60	13,70%	62,50%	40,01%	133,70%	16,70%												
4	Celpe	R\$ 60.366,00	R\$ 923.057,00	R\$ 64.025,00	R\$ 1.603.646,00	12,40	7,50	17,50%	47,62%	100,37%	90,10%	45,80%												
5	Celtins	R\$ 12.045,00	R\$ 195.249,00	R\$ 3.445,00	R\$ 265.661,00	41,80	33,70	25,80%	25,00%	61,03%	90,10%	35,00%												
6	Cenf	R\$ 2.580,00	R\$ 46.461,00	R\$ -	R\$ 76.220,00	18,80	15,00	17,30%	27,03%	78,76%	93,10%	58,00%												
7	CFLCL	R\$ 13.011,00	R\$ 128.823,00	R\$ 753,00	R\$ 291.655,00	9,70	8,50	22,60%	90,91%	100,14%	213,90%	51,50%												
8	Coelba	R\$ 91.217,00	R\$ 1.440.773,00	R\$ 22.708,00	R\$ 2.702.117,00	16,10	8,80	30,50%	32,26%	61,99%	139,20%	78,00%												
9	Coelce	R\$ 52.139,00	R\$ 668.276,00	R\$ 7.954,00	R\$ 1.581.522,00	12,50	10,40	21,20%	27,78%	135,58%	168,30%	34,60%												
10	Copel	R\$ 259.784,00	R\$ 2.669.600,00	R\$ 70.984,00	R\$ 4.853.536,00	13,50	13,50	17,80%	18,87%	25,90%	116,80%	22,20%												
11	Eletropaulo	R\$ 904.276,00	R\$ 2.654.029,00	R\$ 2.791,00	R\$ 8.296.767,00	9,10	6,80	16,00%	33,33%	86,65%	333,50%	22,60%												
12	Energipe	R\$ 20.616,00	R\$ 199.050,00	R\$ 8,00	R\$ 381.159,00	13,60	9,90	26,00%	71,43%	53,31%	109,00%	83,50%												
13	Enersul	R\$ 28.854,00	R\$ 380.004,00	R\$ 5.893,00	R\$ 871.221,00	11,10	9,20	26,00%	50,40%	150,79%	118,20%	46,10%												
14	Escelsa	R\$ 44.933,00	R\$ 822.266,00	R\$ -	R\$ 1.223.333,00	11,80	8,70	14,80%	55,56%	85,47%	125,90%	32,80%												
15	Light	R\$ 100.195,00	R\$ 2.365.363,00	R\$ 5.546,00	R\$ 4.875.064,00	8,80	7,70	17,40%	90,91%	144,31%	320,20%	25,70%												

Fonte: Dados da pesquisa.

## Apresentação e análise dos resultados

Com base nas informações das empresas distribuidoras de energia elétrica sob análise, montou-se um modelo de avaliação de eficiência para cada perspectiva/dimensão em cada ano. O Quadro 3 mostra os

resultados de eficiência obtidos nesta análise. Além disso, foram analisados os níveis ideais de input e outputs nas empresas ineficientes, para que as mesmas se tornem eficientes. Os valores ideais para cada variável/critério em cada modelo para cada ano se encontram nos Quadros 4, 5 e 6.

**Quadro 3** - Resultados dos índices de desempenho para cada modelo

DMU	Empresa	Modelo 01		Modelo 02		Modelo 03	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005
1	Ampla	73,64%	60,18%	31,01%	37,97%	35,92%	30,34%
2	Bandeirante	65,75%	64,46%	85,47%	51,15%	100,00%	47,02%
3	Celpe	94,79%	81,81%	23,92%	17,00%	55,01%	26,65%
4	Celpe	92,39%	100,00%	53,83%	71,03%	61,77%	70,96%
5	Celtins	100,00%	100,00%	25,35%	26,76%	100,00%	64,50%
6	Cenf	92,47%	82,94%	36,20%	40,13%	71,34%	100,00%
7	CFLCL	69,54%	71,08%	68,78%	99,47%	46,59%	36,79%
8	Coelba	66,33%	73,10%	78,80%	100,00%	100,00%	100,00%
9	Coelce	65,08%	61,86%	37,00%	72,41%	26,66%	51,51%
10	Copel	100,00%	91,37%	51,82%	56,29%	100,00%	64,13%
11	Eletropaulo	100,00%	100,00%	74,83%	79,46%	40,85%	28,04%
12	Energipe	76,55%	84,89%	78,43%	87,61%	100,00%	100,00%
13	Enersul	51,97%	63,28%	100,00%	100,00%	70,30%	57,67%
14	Escelsa	100,00%	91,45%	47,06%	57,09%	22,95%	38,29%
15	Light	74,26%	66,02%	100,00%	84,41%	20,33%	13,70%

Fonte: Dados da pesquisa.

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos, a análise será feita por modelo e dentro destes por ano. No final, uma análise complementar mostrará a consolidação dos resultados dos modelos por ano, discutindo, então, a questão da sustentabilidade como a conjugação das perspectivas/dimensões analisadas.

### Modelo 01

Para o modelo 01 observa-se que, em 2004, quatro empresas (Celtins, Copel, Eletropaulo e Escelsa) obtiveram índice máximo de desempenho. Já em 2005 foram três (Celpe, Celtins e Eletropaulo). Percebe-se, também, que o desempenho médio de

2004 é levemente superior que o de 2005, porém sem significância estatística ao nível de 10%.

Numa consolidação dos dois anos percebe-se que as melhores empresas, em termos de desempenho socioambiental, são a Celtins e a Eletropaulo, pois alcançaram desempenho máximo (100%) nos dois anos analisados. Estas são seguidas de perto por empresas tais como Celpe, Copel e Escelsa, que possuem desempenho máximo em um ano e um excelente desempenho no outro.

As empresas com desempenho socioambiental máximo (Celtins e Eletropaulo) são aquelas que servem como *benchmarks* para as unidades com menores desempenhos. Isso se dá pelo fato de serem estas empresas de destaque, em termos de desempenho multicriterial, em relação às variáveis estudadas no período

analisado. Na verdade, estas empresas de distribuição de energia elétrica foram as que melhor combinaram os *input* (menor) e *outputs* (maiores).

Assim sendo, estas que foram eficientes nos dois anos não precisam melhorar em nada seu desempenho, enquanto as outras três, que foram eficientes em apenas um exercício, precisam de pequenas

melhorias em seus indicadores/critérios para atingir eficiência de 100%. Isso pode ser visto pelos valores ideais no Quadro 4. Cabe ressaltar que esse Quadro foi construído considerando-se os níveis ideais de *outputs* (aumento dos investimentos socioambientais), mantendo-se os níveis de faturamento das empresas.

**Quadro 4** - Valores ideais para os *outputs* no modelo 01

DMU	Empresa	2005			2004		
		ISI	ISE	IMA	ISI	ISE	IMA
1	Ampla	R\$ 97.317,17	R\$ 1.577.507,64	R\$ 27.833,76	R\$ 71.793,80	R\$ 1.027.074,85	R\$ 12.899,12
2	Bandeirante	R\$ 112.468,99	R\$ 1.303.488,01	R\$ 21.092,68	R\$ 102.546,11	R\$ 1.046.370,95	R\$ 12.736,30
3	Celpe	R\$ 49.856,31	R\$ 803.038,74	R\$ 18.583,76	R\$ 96.278,16	R\$ 410.057,52	R\$ 42.817,49
4	Celpe	R\$ 60.366,00	R\$ 923.057,00	R\$ 64.025,00	R\$ 61.183,48	R\$ 780.230,01	R\$ 47.240,69
5	Celtins	R\$ 12.045,00	R\$ 195.249,00	R\$ 3.445,00	R\$ 11.588,00	R\$ 100.475,00	R\$ 26.984,00
6	Cenf	R\$ 3.455,79	R\$ 56.018,30	R\$ 988,39	R\$ 2.558,68	R\$ 36.604,20	R\$ 459,72
7	CFLCL	R\$ 18.303,68	R\$ 181.226,28	R\$ 2.773,96	R\$ 14.564,33	R\$ 138.079,30	R\$ 1.666,46
8	Coelba	R\$ 124.791,37	R\$ 1.971.080,32	R\$ 34.588,05	R\$ 122.644,15	R\$ 1.171.446,20	R\$ 26.137,77
9	Coelce	R\$ 84.286,15	R\$ 1.080.312,48	R\$ 18.012,14	R\$ 71.828,44	R\$ 767.886,32	R\$ 9.393,82
10	Copel	R\$ 284.306,76	R\$ 2.921.601,51	R\$ 77.684,66	R\$ 325.388,00	R\$ 2.190.579,00	R\$ 25.138,00
11	Eletropaulo	R\$ 904.276,00	R\$ 2.654.029,00	R\$ 2.791,00	R\$ 905.611,00	R\$ 2.250.717,00	R\$ 748,00
12	Energipe	R\$ 24.284,49	R\$ 234.469,77	R\$ 3.553,07	R\$ 23.689,35	R\$ 194.442,12	R\$ 2.302,88
13	Enersul	R\$ 45.599,49	R\$ 600.540,29	R\$ 10.087,47	R\$ 50.581,11	R\$ 392.698,21	R\$ 8.129,38
14	Escelsa	R\$ 55.465,60	R\$ 899.095,26	R\$ 15.863,76	R\$ 41.749,00	R\$ 597.257,00	R\$ 7.501,00
15	Light	R\$ 221.034,12	R\$ 3.582.954,86	R\$ 63.218,14	R\$ 166.512,82	R\$ 2.382.115,64	R\$ 29.917,19

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda neste mesmo Quadro pode-se perceber que, em geral, as empresas que possuem piores desempenhos (Quadro 3) necessitam de mudanças maiores. Este resultado demonstra que, comparativamente com as outras empresas do setor, o nível de comprometimento socioambiental que as empresas de menor desempenho têm é insuficiente.

Um ponto importante que deve ser ressaltado é que nenhuma das empresas, em nenhum dos anos, têm desempenho inferior a 50% (metade da escala de desempenho). Isso mostra que, de maneira geral, as empresas deste setor têm desempenho socioambiental bom e pouco disperso, e as melhores empresas não se destacam tanto assim das piores.

Por último, procedeu-se a uma análise dos pesos atribuídos aos vetores de desempenho, para saber com base em pesos iguais a zero as variáveis/critérios que estavam sendo “desprezadas” na análise de desempenho. Em linhas gerais, quando uma variável/critério tem peso (u ou v) igual a zero, isto representa que estas variáveis/critérios são naturalmente problemáticas na obtenção dos índices de eficiência. Como a modelagem procura os melhores índices de desempenho, dadas as características de *inputs* e *outputs* para cada DMU, esta atribui zero a toda variável/critério que possa atrapalhar o objetivo de maximizar a eficiência.

Dessa análise pôde-se identificar, então, quais eram as variáveis/critérios problemáticas, ou seja, as

que mais apareciam com pesos zero e que, por conseguinte, mais necessitavam de incremento para chegar ao valor de referência. As análises em cada ano apontaram para a mesma variável/critério, investimento ambiental (IMA). Isso quer dizer que as empresas, de maneira geral, precisam melhorar esta variável/critério para que o setor como um todo possa evoluir em termos de responsabilidade socioambiental.

## Modelo 02

Para o modelo 02 observa-se que, tanto em 2004 quanto em 2005, apenas duas empresas (Enersul e Light, em 2004, e Coelba e Enersul, em 2005) obtiveram índice máximo de desempenho operacional. Percebe-se, também, que o desempenho médio de 2005 é levemente superior ao de 2004, porém sem significância estatística ao nível de 10%.

Numa consolidação dos dois anos percebe-se que a melhor empresa, em termos de desempenho operacional, é a Enersul, pois alcançou desempenho máximo (100%) nos dois anos analisados. Esta é seguida de perto por empresas tais como Light e Coelba, que possuem desempenho máximo em um ano e um bom desempenho no outro.

A Enersul, por possuir desempenho operacional máximo, é aquela que serve como *benchmark* para as unidades com menores desempenhos. Isso se dá pelo fato de ser esta empresa de destaque, em termos de desempenho multicriterial, em relação às variáveis/critérios estudadas no período analisado. Na verdade, esta empresa de distribuição de energia elétrica foi a que melhor combinou os *inputs* (menores) e *output* (maior).

Assim sendo, a Enersul, que foi eficiente nos dois anos, não precisa melhorar em nada seu desempenho, enquanto as outras duas, que foram eficientes em apenas um exercício, precisam de pequenas melhorias em seus indicadores/critérios para atingir eficiência de 100%. Isso pode ser visto pelos valores ideais no Quadro 5. Cabe ressaltar que este Quadro foi construído considerando-se os níveis ideais de *inputs* (redução dos índices DEC e FEC), mantendo-se os níveis de margem operacional das empresas.

Uma alternativa a este caminho de manutenção do *output* e redução dos *inputs*, para alcançar a eficiência, seria a manutenção dos *inputs* e o incremento do *output*. Neste sentido, para encontrar os valores ideais do *output* de cada unidade, basta dividir o valor atual da margem operacional pelo valor do índice de desempenho apresentado no Quadro 3. Cabe ressaltar, ainda, que cada unidade com base nestes indicadores

Quadro 5 - Valores ideais para os *inputs* no modelo 02

DMU	Empresas	2005		2004	
		DEC	FEC	DEC	FEC
1	Ampla	7,40	5,54	5,80	4,40
2	Bandeirante	6,18	3,38	5,81	4,89
3	Celipa	5,85	4,85	7,42	6,24
4	Celpe	8,81	5,33	5,89	4,47
5	Celtins	11,19	9,02	8,44	7,07
6	Cenf	7,54	6,02	4,91	3,73
7	CFLCL	9,65	8,00	6,53	5,50
8	Coelba	16,10	8,80	9,66	7,33
9	Coelce	9,05	7,50	5,40	4,44
10	Copel	7,60	6,30	7,26	6,11
11	Eletropaulo	7,23	5,40	6,31	4,79
12	Energipe	11,91	8,67	10,74	8,23
13	Enersul	11,10	9,20	9,50	8,00
14	Escelsa	6,74	4,97	5,41	4,56
15	Light	7,43	6,16	8,30	6,30

Fonte: Dados da pesquisa.

ideais pode traçar um caminho que seja híbrido, com melhorias (redução dos *inputs* e/ou aumento do *output*) em todos os indicadores/critérios analisados.

Numa análise do Quadro 5 pode-se perceber que, em geral, a Celpa e a Celtins, que possuem índices de eficiência baixíssimos em ambos os anos (Quadro 3), necessitam de mudanças radicais. Estas são exatamente as empresas com menor desempenho operacional entre as analisadas. Este resultado demonstra que, comparativamente com as outras empresas do setor, o nível de qualidade das operações que estas empresas têm é insuficiente.

O desempenho operacional é aquele em que os resultados são os piores em termos de número de unidades com índices máximos. Isso quer dizer que existem poucas unidades como padrão de referência. Em outras palavras, podemos dizer que, em geral, as empresas de distribuição de energia elétrica não possuem bons desempenhos operacionais e que poucas realmente se destacam, como é o caso da Enersul.

Na análise das variáveis/critérios problemáticos, ou seja, as que mais apareciam com pesos zero e, por conseguinte, mais necessitavam de redução para chegar ao valor de referência, pode-se destacar a variável FEC. Isso quer dizer que as empresas, de maneira geral, precisam reduzir o número de interrupções ocorridas, em média, em cada unidade consumidora, para melhorar a qualidade do serviço prestado.

### Modelo 03

Para o modelo 03 observa-se que, em 2004, cinco empresas (Bandeirante, Celtins, Coelba, Copel e Energipe) obtiveram índice máximo de desempenho. Já em 2005 foram três (Cenf, Coelba e Energipe). Percebe-se, também, que o desempenho médio de 2004 é superior ao de 2005, com significância estatística ao nível de 10%.

Numa consolidação dos dois anos percebe-se que as melhores empresas, em termos de desempenho contábil-financeiro, são a Coelba e a Energipe, pois alcançaram desempenho máximo (100%) nos dois anos analisados. Estas são seguidas por empresas tais como Bandeirante, Celtins, Cenf e Copel, que possuem desempenho máximo em pelo menos um dos anos.

As empresas com desempenho contábil-financeiro máximo (Coelba e Energipe) são aquelas que servem como *benchmarks* para as unidades com menores desempenhos. Isso se dá pelo fato de serem estas

empresas de destaque, em termos de desempenho multicriterial, em relação às variáveis/critérios estudadas no período analisado. Na verdade, estas empresas de distribuição de energia elétrica foram as que melhor combinaram os *inputs* (menores) e *output* (maior).

Assim sendo, estas que foram eficientes nos dois anos não precisam melhorar em nada seu desempenho, enquanto as outras quatro, que foram eficientes em apenas um exercício, precisam de pequenas melhorias em seus indicadores para atingir eficiência de 100%. Isso pode ser visto pelos valores ideais no Quadro 6. Cabe ressaltar que este Quadro foi construído considerando-se os níveis ideais de *inputs* (redução do impacto das despesas financeiras, do ciclo de caixa e do grau de imobilização), mantendo-se os níveis de rentabilidade operacional das empresas.

Uma alternativa a este caminho de manutenção do *output* e redução dos *inputs*, para alcançar a eficiência, seria a manutenção dos *inputs* e o incremento do *output*. Neste sentido, para encontrar os valores ideais do *output* de cada unidade, basta dividir o valor atual da rentabilidade operacional pelo valor do índice de desempenho apresentado no Quadro 3. Cabe ressaltar, ainda, que cada unidade com base nestes indicadores ideais pode traçar um caminho que seja híbrido, com melhorias (redução dos *inputs* e/ou aumento do *output*) em todos os indicadores analisados.

Numa análise do Quadro 6 pode-se perceber que, em geral, a Light, que possui índices de eficiência baixíssimos em ambos os anos, necessita de mudanças radicais. Esta é exatamente a empresa com menor desempenho contábil-financeiro entre as analisadas. Este resultado demonstra que, comparativamente com as outras empresas do setor, o nível de desempenho é insuficiente.

O desempenho contábil-financeiro é aquele em que os resultados são os piores em termos médios. Mas também é uma perspectiva em que existem várias empresas com desempenho máximo. Isso mostra uma grande dispersão de desempenho entre as unidades analisadas. Em outras palavras, isso quer dizer que existem algumas empresas que conseguem transformar suas decisões de investimento (imobilização), de financiamento (nível dos juros) e de gestão financeira de curto prazo (ciclo de caixa) em maiores rentabilidades.

Por fim, a variável ciclo de caixa foi aquela que apareceu com maior número de pesos zero. Isso mostra que existe espaço no setor para uma melhor

Quadro 6 - Valores ideais para os *inputs* no modelo 03

DMU	Empresas	2005			2004		
		DF	CC	IMB	DF	CC	IMB
1	Ampla	10,84	20,82	46,76	13,30	52,86	60,27
2	Bandeirante	16,21	40,01	59,58	31,25	109,64	122,40
3	Celpe	14,29	10,66	21,80	27,50	20,01	61,38
4	Celpe	33,79	39,20	63,93	29,42	20,40	51,15
5	Celtins	16,13	39,37	58,12	13,51	109,14	134,40
6	Cenf	27,03	78,76	93,10	26,42	42,38	64,56
7	CFLCL	33,44	36,84	78,69	34,09	20,98	57,22
8	Coelba	32,26	61,99	139,20	26,32	71,02	123,80
9	Coelce	14,31	27,50	61,75	12,12	26,66	35,20
10	Copel	12,10	16,61	36,45	11,36	26,83	116,90
11	Eletropaulo	9,35	17,96	40,33	16,74	39,87	122,15
12	Energipe	71,43	53,31	109,00	66,67	41,03	111,90
13	Enersul	29,06	48,60	68,16	25,10	73,29	86,89
14	Escelsa	21,27	32,72	48,20	25,50	19,55	61,84
15	Light	12,46	19,78	43,88	20,33	21,37	77,80

Fonte: Dados da pesquisa.

gestão financeira de curto prazo, com base no que já está sendo praticado por algumas empresas.

Depois destas análises por modelo, consolidaram-se os resultados encontrados em uma análise multidimensional por ano, em forma gráfica, que se encontra a seguir (Figuras 1 e 2). A ideia neste ponto da análise é consolidar todas as perspectivas/dimensões, de maneira visual, de modo a propiciar uma análise conjunta dos índices utilizados na análise multicriterial através da DEA.

Nestas Figuras, o eixo Y representa o modelo 01, e o eixo X, o modelo 02. Logo, em cada Figura, têm-se quatro quadrantes possíveis formados pelas combinações alto e baixo desempenhos em cada modelo. Estabeleceu-se que o ponto mediano da escala seria o ponto de corte para a classificação em alto e baixo desempenho. Assim sendo, indicadores superiores a 50% são considerados bons, e abaixo, são ruins. Por fim, para incorporar o modelo 03, utilizou-se o artifício de dividir cada quadrante em duas regiões: a superior, onde se teriam empresas com desempenho acima de 50 % no modelo 03, e a inferior, com empresas com baixo desempenho contábil-financeiro.

Na análise das Figuras 1 e 2 percebe-se que todas as empresas apresentam bom desempenho em termos socioambiental (modelo 01). Percebe-se ainda que, em 2004, as DMUs 01, 09 e 14, que representam as empresas Ampla, Coelce e Escelsa, apresentam alto desempenho apenas em relação ao modelo 01 (desempenho socioambiental). Estas são para o ano de 2004 as piores empresas em termos de desempenho consolidado nas três perspectivas analisadas. Para 2005, este é o caso para as empresas Ampla e Celpe (DMUs 01 e 03). Em função disso, estas empresas apresentam problemas operacionais e contábil-financeiros.

Em 2004, as DMUs 03, 05 e 06, que representam as empresas Celpe, Celtins e Cenf, se apresentam com altos desempenhos nos modelos 01 e 03, porém com baixo desempenho no modelo 02. Esta situação, em 2005, se repete para as empresas Celtins e Cenf (DMUs 05 e 06). Estas empresas apresentam, então, bons desempenhos socioambiental e contábil-financeiro, porém apresentam problemas operacionais.

As empresas CFLCL, Eletropaulo e Light apresentam, em 2004, altos índices nos modelos 01 e 02.



desempenhos multidimensionais. Em 2005, fazem parte deste grupo as empresas Celpe, Coelba, Coelce, Copel, Energipe e Enersul.

Para finalizar a análise, fez-se um estudo do comportamento do desempenho multidimensional de cada empresa ao longo do período analisado. Isso demonstra o resultado de possíveis ações no intuito de melhorar o desempenho de 2004, que já se mostram em 2005. Pode-se perceber o que se segue:

- 1) DMUs 04, 08, 10, 12 e 13 mantêm seu ótimo desempenho;
- 2) as DMUs 07, 11 e 15 se mantêm com problemas apenas contábil-financeiros;
- 3) a DMU 01 se mantém entre as piores em termos de desempenho multidimensional;
- 4) a DMU 09 melhora significativamente seu desempenho, saindo do pior para o melhor grupo. Isso mostra que a Coelce implementou ações que fizeram com que seus desempenhos operacional e contábil-financeiro melhorassem;
- 5) a DMU 02 sai do grupo das melhores empresas e passa a ter problemas contábil-financeiros;
- 6) a DMU 14 melhora seu desempenho, pois deixa de ter problemas operacionais, mantendo-se ainda apenas com problemas contábil-financeiros;
- 7) a DMU 03 passa a ter problemas contábil-financeiros, além dos problemas operacionais, indo assim para o pior grupo de empresas;
- 8) as DMU's 05 e 06 se mantêm apenas com problemas operacionais.

### Conclusões e considerações finais

Procurou-se analisar, neste trabalho, o desempenho multidimensional de empresas de distribuição de energia elétrica, nos anos de 2004 e 2005, a partir da análise multicriterial da atuação das mesmas nas perspectivas socioambiental, operacional e contábil-financeira.

Os resultados mostram que, em relação à dimensão socioambiental, apenas a Celtins e a Eletropaulo atingiram o índice de desempenho máximo (100%). Ainda em relação ao modelo 01 percebe-se que nenhuma das empresas, em nenhum dos anos, têm desempenho inferior a 50%. Ou seja, as empresas deste setor têm desempenho socioambiental bom e pouco disperso, e as melhores empresas não se destacam

tanto assim das piores. Ainda a variável investimento ambiental se mostrou com a maior necessidade de incremento no setor.

Para o modelo 02 a única empresa de destaque foi a Enersul, enquanto que a Celpe e a Celtins foram as que apresentaram os piores índices de desempenho operacional. Esta perspectiva se apresenta como a pior em termos de número de unidades com índice máximo. Isso mostra que, em geral, as distribuidoras de energia elétrica não possuem bons desempenhos operacionais e que poucas realmente se destacam, como é o caso da Enersul. Com relação às variáveis de análise, observa-se que as empresas precisam reduzir o número de interrupções ocorridas, em média, em cada unidade consumidora (FEC), para melhorar a qualidade do serviço prestado.

Em relação ao desempenho contábil-financeiro, observa-se que apenas a Coelba e a Energipe atingiram desempenho máximo, enquanto a Light se mostrou como a empresa de piores resultados. Esta dimensão foi onde se teve os piores resultados de desempenho, em termos médios, apesar da existência de várias empresas com índice máximo. Isso mostra que algumas empresas transformam melhor suas decisões de investimento (imobilização), de financiamento (nível dos juros) e de gestão financeira de curto prazo (ciclo de caixa) em rentabilidade. Verificou-se, por fim, que existe no setor, com base no que já está sendo praticado por algumas empresas, espaço para uma melhor gestão financeira de curto prazo.

Em relação à análise multidimensional, percebe-se que as empresas Celpe, Coelba, Copel, Energipe e Enersul são aquelas com melhor desempenho no período. Enquanto que a Ampla se revela como a pior empresa. Algumas empresas, como é o caso da Coelce e da Escelsa, melhoram suas situações de 2004 para 2005. Outras, porém, como é o caso da Bandeirante e da Celpe, pioram seus desempenhos no período.

De modo geral, pode-se perceber que a resposta mais importante da metodologia DEA é a caracterização de uma medida de eficiência, que faz com que a decisão fique orientada por um único indicador construído a partir de várias abordagens de desempenho diferentes (critérios). Vale ressaltar que isso facilita o processo decisório, pois, ao invés de considerar vários índices para concluir a respeito do desempenho da empresa ou da unidade sob análise, utiliza-se apenas da medida de eficiência da DEA. Além disso, existem outras informações oriundas desta metodologia

que podem ser utilizadas para auxiliar a empresa na busca pela excelência em cada perspectiva.

Os resultados desse estudo propõem uma nova percepção sobre o desempenho de empresas no que tange à atuação socioambiental, operacional e contábil-financeira, que não se encontra disponível aos gestores e ao mercado em geral através dos métodos tradicionais de análise.

Ou seja, a partir de informações que não estariam disponíveis pelas técnicas convencionais, os resultados da análise envoltória de dados podem proporcionar melhores condições de análise da eficiência da empresa. Além disso, a DEA mune a administração das empresas de informações adicionais sobre os maiores determinantes de eficiência ou ineficiência, partindo-se de variáveis pré-selecionadas, pois oferece uma análise de *benchmarking*, com a qual o gestor pode avaliar as alterações necessárias para que a organização possa se tornar eficiente.

Este assunto não se encontra encerrado, pois ainda há muito a ser explorado desta metodologia na análise e avaliação do desempenho multicritério de empresas. Outros estudos podem ser conduzidos associando estes e outros indicadores e perspectivas à busca pela análise de sustentabilidade de organizações.

## Referências

- ABREU, M. **Procurement e privatização dos serviços de eletricidade e telecomunicações no Brasil**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 1997. Texto para discussão n. 372.
- BHATTACHARYYA, S. C. Energy sector management issues: an overview. **International Journal of Energy Sector Management**, v. 1, n. 1, p. 13-33, 2007.
- BLOSE, J. E.; TANKERSLEY, W. B. Linking dimensions of service quality to organizational outcomes. **Managing Service Quality**, v. 14, n. 1, p. 75-89, 2004.
- BRITO, E. P. Z. et al. Reputação corporativa e desempenho: uma análise empírica no setor bancário. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: EnANPAD, 2005. 1 CD.
- BRITO, L. A. L.; VASCONCELOS, F. C. A influência do país de origem no desempenho das empresas. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 2005.
- CHARNES, A. et al. **Data envelopment analysis**. Boston: KAP, 1994.
- COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BALTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: KAP, 1998.
- CROZATTI, J.; GUERREIRO, R. O uso de conceitos de mensuração e avaliação de desempenho em relatórios gerenciais e a relação com indicadores financeiros de desempenho: um estudo em companhias abertas brasileiras. In: CONGRESSO DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE COSTOS, 8., 2003, Punta del Leste, Uruguai. **Anais...** Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003. 1 CD.
- GARTNER, I. R. Metodologia alternativa para avaliação do desempenho e risco econômico-financeiro de empresas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: EnANPAD, 2005. 1 CD.
- GREINER, P. **Bases para um modelo autorregulador para o setor elétrico brasileiro**. 1994. 250 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.
- GUEDES, A. L. G.; FONSECA, A. C. P. D. Privatização e investimento externo direto no setor de energia elétrica. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EnANPAD, 2007. 1 CD.
- HENDRIKSEN, E. S.; VAN BREDA, M. F. **Teoria da contabilidade**. São Paulo: Atlas, 1999.
- IUDÍCIBUS, S. **Análise de balanços**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Estratégia em ação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- LEME, A. Globalização e reformas liberalizantes: contradições na reestruturação do setor de energia elétrica brasileiro nos anos 1990. **Revista Sociologia Política**, v. 25, p. 171-192, 2005.
- LINS, M. P. E.; MEZA, L. Â. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. Rio de Janeiro: COPPE; UFRJ, 2000.
- MACEDO, M. A. S.; FARIAS DA SILVA, F. Análise de desempenho organizacional: propondo uma modelagem utilizando indicadores financeiros e não financeiros na avaliação de performance empresarial. **Revista Alcance**, v. 12, n. 2, p. 211-231, 2005.

- MACEDO, M. A. S.; FARIAS DA SILVA, F.; MELO SANTOS, R. Desempenho organizacional no setor bancário brasileiro: uma aplicação da análise envoltória de dados. **Revista de Administração da Mackenzie**, v. 7, n. 1, p. 11-44, 2006a.
- MACEDO, M. A. S.; FARIAS DA SILVA, F.; MELO SANTOS, R. Análise do mercado de seguros no Brasil: uma visão do desempenho organizacional das seguradoras no ano de 2003. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 5, p. 88-100, 2006b.
- MACEDO, M. A. S.; BARBOSA, A. C. T. A. M. Desempenho organizacional de seguradoras de vida e previdência no Brasil: uma análise apoiada em DEA. **Revista da ABCustos**, v. 2, n. 3, p. 62-83, 2007.
- MACHADO, M. R. et al. Avaliação de resultado e desempenho: um estudo comparativo entre balanced scorecard e gecon. In: CONGRESSO DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE COSTOS, 8., 2003, Punta del Leste, Uruguai. **Anais...** Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003. 1 CD.
- MEZA, L. A. et al. SIAD – Sistema integrado de apoio à decisão: uma implementação computacional de modelos de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 6., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CASNAV, 2003. 1 CD.
- OMAKI, E. T. Recursos intangíveis e desempenho em grandes empresas brasileiras: avaliações dos recursos intangíveis como estimadores de medidas de desempenho financeiras. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: EnANPAD, 2005. 1 CD.
- SANTOS, A.; CASA NOVA, S. P. C. Proposta de um modelo estruturado de análise de demonstrações contábeis. **Revista de Administração de Empresas – Eletrônica**, v. 4, n. 1, 2005. Disponível em: <[http://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/10.1590\\_S1676-56482005000100009.pdf](http://rae.fgv.br/sites/rae.fgv.br/files/artigos/10.1590_S1676-56482005000100009.pdf)>. Acesso em: 2 maio 2006.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- WANDERLEY, C. A. et al. Um estudo sobre indicadores de desempenho para a perspectiva do aprendizado e crescimento do balanced scorecard. In: CONGRESSO DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE COSTOS, 8., 2003, Punta del Leste, Uruguai. **Anais...** Punta del Leste, Uruguai: IIC, 2003. 1 CD.
- WORLD BANK. **Reforming infrastructure**: privatisation, regulation and competition. Washington: World Bank, 2004.

Recebido: 26/07/2011

Received: 07/26/2011

Aprovado: 27/02/2012

Approved: 02/27/2012