

Análise por envoltória de dados aplicada à análise de balanços: um estudo exploratório em empresas do setor elétrico brasileiro

Autoria: Silvia Kassai

Resumo

Esse artigo nasceu da proposta de estudar as vantagens e limitações de aplicação da DEA em análise de balanços. Assim, faz-se inicialmente um estudo da evolução das técnicas de análise de balanço. Estuda-se, a seguir, a Análise por Envoltória de Dados dando-se especial atenção a trabalhos que a relacionem com análise de demonstrações contábeis. Um dos pontos de análise é a utilização de variáveis negativas em DEA, uma vez que alguns dos principais indicadores de análise de balanços assumem valores negativos, tais como resultado do período, valor adicionado, retorno sobre patrimônio líquido. Finalmente, apresenta-se um exemplo de aplicação da DEA em análise de balanços utilizando-se dados reais do setor elétrico brasileiro. Os resultados são discutidos enfatizando-se as vantagens e limitações da utilização da DEA em análise de balanços.

Introdução

A Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*) foi apresentada em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes como uma técnica de avaliação de eficiência relativa a ser aplicada a situações onde preços não pudessem ser atribuídos aos insumos e recursos utilizados pelas entidades sob estudo. É uma técnica não paramétrica, baseada em programação matemática linear. A eficiência de cada uma das unidades (denominadas de DMU – *Decision Making Units*) é calculada dando-lhe liberdade na atribuição dos pesos relativos para seus insumos e produtos. Assim, a técnica determina os pesos relativos que maximizem a eficiência da unidade sob exame em relação às demais unidades consideradas na análise. Desde de seu surgimento diversas pesquisas têm aplicado DEA em diferentes situações, desde avaliação de desempenho de escolas e departamentos de pesquisa até a análise econômica de empresas, setores e países.

Diversas variáveis podem ser consideradas na análise, sendo classificadas como produtos (outputs) ou insumos (inputs). É então calculado o escore de eficiência relativa de cada unidade sob avaliação através da solução de um algoritmo de programação linear que atribui pesos às variáveis. Ao fato de os pesos serem atribuídos pela técnica soma-se a possibilidade de utilização de variáveis mensuradas em diferentes escalas e medidas e a interpretação intuitiva do indicador de eficiência resultante da análise, que varia de 0 a 1 (ou de 0% a 100%).

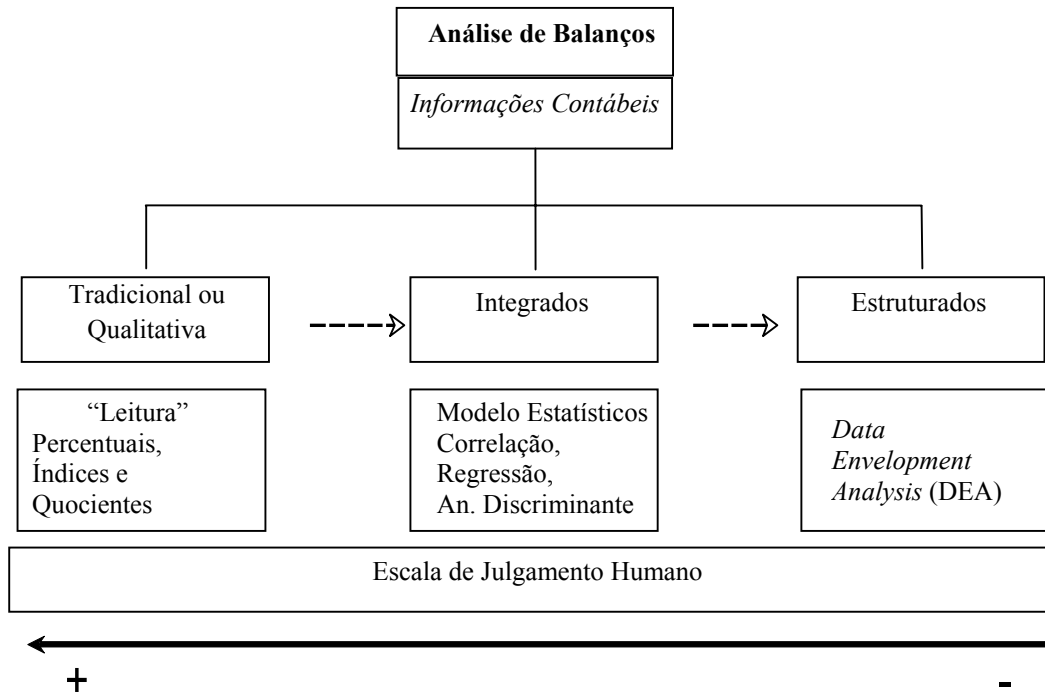
Essas características tornam a DEA uma técnica especialmente interessante para a análise de balanços. No entanto, poucas aplicações específicas são encontradas relacionando DEA e análise de balanços.

O objetivo do presente artigo é estudar as vantagens e limitações da utilização da DEA em análise das demonstrações financeiras, com foco na possibilidade de inclusão de variáveis que assumam valores negativos. Essa restrição é especialmente importante em análise de balanços uma vez que alguns dos mais importantes indicadores contábeis podem assumir valores negativos. Entre estes podem ser citados: resultado do período, valor adicionado, capital circulante líquido, retorno sobre patrimônio líquido, entre outros.

Evolução de Análise de Balanços

A evolução da análise de balanços pode ser dividida em etapas distintas e inter-relacionadas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Evolução da Análise de Balanços



No enfoque tradicional a análise de balanços é um trabalho artesanal, que depende muito da experiência do analista. É não padronizada e aplica-se, sobretudo, a um pequeno número de empresas. Demanda tempo na preparação das informações e na condução de conclusões. Tem, assim, uma característica subjetiva podendo constituir-se, no entanto, em uma etapa de preparação de informações para a aplicação de modelos estatísticos.

É iniciada pela leitura detalhada e minuciosa das demonstrações contábeis das empresas, com a verificação da necessidade de reclassificações e ajustes. Segue-se a seleção e cálculo de indicadores que podem ser percentuais, índices e quocientes. Os indicadores são estudados, observando-se sua evolução e comparação com o de empresas que atuem no mesmo ramo ou setor.

A análise tradicional consideraria essas informações para a análise das empresas enfrentando como dificuldades principais:

1. as informações são apresentadas de forma desintegrada;
2. alguns indicadores têm interpretação oposta;
3. a quantidade de informação multiplica-se pelo número de empresas consideradas;
4. a ênfase em um ou alguns indicadores modificam a classificação das empresas.

Os modelos integrados de análise surgiram para organizar e condensar as informações obtidas na etapa anterior, afastando a subjetividade do analista. A base de sua utilização está na compreensão do desempenho como um fator multidimensional, somente sendo possível sua expressão através de uma análise conjunta de indicadores. Utilizam-se de compostos ponderados de indicadores ou de modelos estatísticos entre os quais Análise de Regressão, Análise Fatorial e Análise Discriminante.

Pereira da Silva (1997: 277) aponta o estudo de Tamari como sendo o “*primeiro a usar uma espécie de ‘composto ponderado’ de vários índices, com vistas a prever a falência ou insolvência*”.

Com base nos indicadores de análise de balanços diversos *rankings* de empresas são preparados e apresentados. Utilizam-se, em geral, de um conjunto de indicadores aos quais são atribuídos pesos e/ou pontos. A soma dos pontos obtidos (ponderados pelos pesos ou não) em cada um dos indicadores é que determina a classificação da empresa. Dois dos

levantamentos brasileiros mais tradicionais são o anuário *Melhores e Maiores* preparado pela Revista *Exame* e o *Maiores Empresas* do Brasil da Revista *Conjuntura Econômica* da Fundação Getúlio Vargas. Mais recentemente foram lançados os *rankings Forbes 200 – Platinum List* da *Forbes Brasil* e *Valor 1000* da *Valor Econômico*. A escolha dos indicadores a serem considerados e de seu peso, quando houver determinação de peso, faz com que os *rankings* classifiquem as empresas de forma diversa, por vezes conflitante. Exel (2001: p. 60) ressalta “a elaboração de um ranking de empresas através de pontuação obtida em uma coleção de critérios está, naturalmente, sujeita a uma boa dose de arbitrariedade. Se os critérios usados tivessem sido outros, a campeã possivelmente seria diferente, mesmo que esses outros critérios fossem tão merecedores de crédito quanto são os que utilizamos”.

Os modelos estatísticos ganharam expressão em análise de balanços com estudos conduzidos por Altman (1968) utilizando análise discriminante na previsão de falência de empresas. Kanitz (1978) desenvolveu pesquisa sobre análise de insolvência de empresas brasileiras que originou o Termômetro de Kanitz. Nos modelos estatísticos a definição dos pesos é determinada pela técnica estatística utilizada. A definição dos indicadores a ser incluídos na análise também pode ser feita por uma técnica estatística como, por exemplo, testes de significância de médias ou análise de variância.

Finalmente, os modelos estruturados de análise de balanço têm em seus fundamentos todas as etapas anteriormente percorridas, desde a análise tradicional até os modelos integrados de análise, caminhando de um alto grau de julgamento humano e, portanto, subjetividade, para uma escala crescente de estruturação e menor subjetividade.

Entende-se por estruturação a determinação de etapas de análises sucessivas, colocadas em seqüência lógica, de forma a conduzir o analista às conclusões ou de apontar a necessidade de dados adicionais.

O presente estudo propõe que na etapa final a Análise por Envoltória de Dados seja utilizada como ferramenta auxiliar na avaliação da eficiência relativa das empresas, em busca da determinação da excelência empresarial.

Parte de uma análise detalhada das informações através da leitura das demonstrações contábeis de forma a compreendê-las em sua integridade. São calculados ainda índices, percentuais e quocientes tradicionais. A análise se faz, em geral, para um determinado setor ou grupo homogêneo de empresas. O analista se envolve diretamente exercendo julgamento sobre a coerência das demonstrações, a necessidade de ajustes e a adequação dos procedimentos de contabilização.

Procede-se, então, à utilização de modelos estatísticos que permitam estabelecer médias e desvios-padrão, verificar a existência de padrões de comportamento nas empresas e identificar a existência de sub-grupos e de *outliers*. A relação entre as variáveis é estudada buscando-se a definição de causalidade ou redundância. Podem ser utilizadas a análise de correlação, a análise de *clusters* e a análise de regressão, entre outras.

Com base nos resultados obtidos, um modelo de Análise por Envoltória de Dados é construído e utilizado para determinar escores de eficiência relativa para as empresas em estudo. Os resultados são analisados criticamente para se determinar a necessidade de aperfeiçoamento do modelo.

Análise por Envoltória de Dados

O histórico do método de Análise Envoltória de Dados inicia com a tese de doutoramento de Edward Rhodes, apresentada à *Carnegie Mellow University*, em 1978, sob orientação de W. W. Cooper. A tentativa de estimação da eficiência técnica de escolas com múltiplos insumos e produtos, resultou na formulação do modelo CCR (abreviatura dos sobrenomes

dos autores Charnes, Cooper e Rhodes) e com a publicação do primeiro artigo no *European Journal of Operations Research*, no mesmo ano.

Considere-se N empresas produzindo m quantidades de produtos y a partir de n quantidades de insumos x . Uma empresa k qualquer produz y_{rk} quantidades de produtos com a utilização de x_{ik} quantidades de insumos. O objetivo da DEA é encontrar o máximo indicador de eficiência h_k onde u_r é o peso específico a ser encontrado para um produto r e v_i o peso específico de cada insumo i . As equações de 1 a 4 representam o modelo CCR:

$$\text{Maximizar } h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}, \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (4)$$

u = pesos dos produtos; v = pesos dos insumos; y = quantidades de produtos; x = quantidades dos insumos; h = indicador de eficiência
 $r = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, N$

Em 1984 foi apresentado o modelo BCC, abreviatura de Banker, Charnes e Cooper, seus autores. O modelo incorpora retornos variáveis de escala sendo conhecido também como VRS (*Variable Returns to Scale*). As equações de 5 a 8 representam o modelo:

$$\text{Maximizar } \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - u_k, \quad (5)$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0 \quad (7)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (8)$$

u = pesos dos produtos; v = pesos dos insumos; y = quantidades de produtos; x = quantidades dos insumos; u_k = retornos variáveis de escala para empresa k

$r = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, N$

Assim, tendo-se um conjunto de empresas e o seu plano de produção realizado pode-se construir uma curva de produção que se constitui, então, no conjunto de produção revelado. O problema de programação linear proposto é resolvido para cada uma das empresas, identificando-se aquelas cujo plano de produção, dados os pesos (preços) determinados para suas quantidades de produtos e insumos, não pode ser superado por nenhuma outra empresa. A empresa recebe o coeficiente $h_k = 1$, é dita eficiente e torna-se referência para as demais. Resolvendo-se sucessivamente o problema para todas as empresas são determinadas as empresas relativamente eficientes que compõem a fronteira de eficiência. Ressalte-se que é a fronteira revelada pelo conjunto de produção considerado. Qualquer empresa que seja incluída ou excluída da análise modifica o conjunto de produção e, portanto, a fronteira eficiente.

Outro ponto relevante é que a fronteira eficiente revelada pode não ser a fronteira eficiente efetiva, se as empresas em análise estiverem operando sob condições distantes do livre mercado. Por isso, diz-se de eficiência relativa ou Pareto-eficientes. As empresas eficientes seriam mais corretamente definidas como pontos Pareto não dominados. Os pontos abaixo da curva representam planos de produção que foram “dominados” e estão “envolvidos” pela operação das empresas eficientes. Para cada um deles há uma opção, representada pelas quantidades praticadas ou por uma combinação convexa das quantidades praticadas pelas unidades de referência.

Aos modelos iniciais foram acrescentados outros com possibilidades de aplicação distintas, formando uma família de modelos DEA. Os mais largamente utilizados são os modelos CCR, que supõe retornos constantes de escala, e o BCC. Estes serão os modelos utilizados no presente artigo.

Os modelos incorporam ainda orientação ao produto, que considera maximizar a produção mantido o consumo de insumos, ou orientação ao insumo, que busca manter a produção constante minimizando o consumo de recursos.

Aplicação de Análise por Envoltória de Dados em Análise de Balanços

Apesar de bastante difundida no exterior, onde mais de 400 trabalhos foram publicados no período de 1978 e 1992, poucos estudos trataram especificamente da utilização da DEA em análise de balanços.

O estudo de Smith (1990) é uma das poucas referências no assunto. Outro artigo foi apresentado por Smith e Fernandez-Castro (1994) na busca de um modelo não paramétrico de desempenho corporativo.

Os estudos citados revelam algumas das principais dificuldades da utilização da DEA em análises de balanços: determinar dos insumos e produtos que devem ser selecionados para inclusão no modelo; decidir se os *outliers* oferecem uma representação genuína de uma tecnologia possível; lidar com um pequeno número de observações; fazer julgamentos sobre empresas empregando uma combinação de insumos ou produtos pouco usual, exigindo uma análise cuidadosa de resultados para determinar se um alto escore de eficiência advém de eficiência genuína ou da ausência de competidores comparáveis.

Outra dificuldade de aplicação da Análise por Envoltória de Dados em análise de balanços advém da impossibilidade de utilizar valores negativos. Alguns dos mais tradicionais indicadores contábeis assumem valores negativos. É o caso do resultado, que pode ser lucro, positivo, ou prejuízo, negativo. As medidas de retorno sobre patrimônio líquido e sobre ativo são derivadas do resultado e podem, igualmente, assumir valores negativos.

Alguns autores propõem formas de superar essa limitação. Se o número de unidades sob avaliação é grande, pode-se avaliar a possibilidade de simples exclusão das unidades que tenham valores negativos em recursos e produtos.

Outra forma de superar o problema da utilização de valores negativos apóia-se na propriedade de alguns modelos DEA chamada de *translation invariance* (Ali e Seiford, 1990; Pastor, 1993; Lovell e Pastor, 1995). Essa propriedade faz com que a solução do modelo não seja afetada por uma conversão (ou tradução) dos valores negativos em positivos. Assim os escores de eficiência são mantidos, em alguns casos, ou a classificação em unidades eficientes e ineficientes é mantida, em outros casos. A inclusão de variáveis com valores negativos na DEA foi primeiro tratada no artigo *Translation Invariance in Data Envelopment Analysis* de Ali e Seiford (1990). Os modelos Aditivo e BCC são apresentados como portadores da propriedade que permitiria a tradução de valores negativos para variáveis, através da soma de uma constante, ressaltando-se que para o segundo “os escores de eficiência (valores da função objetivo) para as DMUs ineficientes serão diferentes quando os dados forem traduzidos” (Ali e Seiford, 1990: 405). Em 1996 Pastor apresentou

um adendo às conclusões anteriores de Ali e Seiford provando que para o modelo BCC a propriedade é limitada: quando considera-se o modelo com orientação ao insumo, a tradução somente pode ser aplicada aos produtos; e no modelo com orientação ao produto, pode-se aplicar a transformação aos insumos.

Planejamento do experimento

O experimento inicia-se com o levantamento de informações. As informações foram extraídas da Base de Dados FIPECAFI - Melhores e Maiores, estruturada para a preparação da edição especial de *Exame – Melhores e Maiores*. A base contém informações de cerca de 2.800 empresas, distribuídas em todas as áreas do território nacional, nos diversos setores de atividade, de capital nacional e estrangeiro, com dados desde 1996.

Para a aplicação desse estudo foram escolhidas empresas do setor de energia elétrica. Essa opção baseia-se na restrição da DEA de buscar unidades homogêneas para compor o estudo, apesar de alguns autores já utilizarem análises intersetoriais (Zhu, 2000). Justifica-se, igualmente, pela qualidade das informações contábeis das empresas do setor e pela existência de padrões de desempenho divulgados periodicamente.

Na análise de variáveis propôs-se a utilização de análises estatísticas e de correlação. As análises estatísticas servirão para expandir o conhecimento sobre os indicadores. É importante verificar o nível de dispersão em torno da média para atestar a qualidade do indicador como discriminador da atuação das empresas consideradas.

A análise de correlação tem o objetivo de investigar relações de causalidade ou a existência de informações redundantes. A seleção de variáveis será feita com a utilização de técnicas estatísticas entre as quais análise gráfica, análise de correlação, análise de regressão e análise de *clusters*.

A construção do modelo considera as características do relacionamento entre as variáveis apontadas pelas etapas anteriores e os objetivos da análise. O método *Stepwise DEA* proposto por Estellita-Lins (1999 *Apud* Silva, 2000: 50) é aplicado para decidir sobre a necessidade de inclusão de variáveis explicativas ao modelos.

O processamento é efetuado com a utilização do aplicativo *Frontier Analyst®*, desenvolvido pela *Banxia® Software*. Após o processamento do modelo faz-se a análise dos resultados, determinando as empresas eficientes e estudando sua importância na formação do grupo de referência. A análise de resultados pode indicar ainda a necessidade de adaptações e aperfeiçoamentos aos modelos.

Finalmente, para avaliar a validade da aplicação em análise de balanços, comparou-se as classificações obtidas através da DEA com o resultado da edição *Melhores e Maiores* de Exame para 2000. Para a escolha da *Melhor Empresa* é utilizado o indicador *Excelência Empresarial* criado por *Melhores e Maiores*: “é a soma de pontos ponderados conseguidos pelas empresas em cada um de seis indicadores de desempenho” (EXAME, 2001: p. 65). Os indicadores de desempenho considerados são: Liderança de mercado (peso 10); Crescimento das vendas (peso 10); Rentabilidade do patrimônio (peso 25); Liquidez corrente (peso 15); Investimento no imobilizado (peso 20); Riqueza criada por empregado (peso 20).

As empresas do setor elétrico aparecem, na publicação, no setor de Serviços Públicos. Assim os pontos foram recalculados somente para as empresas do setor elétrico, utilizando-se o critério de pontuação de *Melhores e Maiores*.

Análise de Resultados

Considerou-se no estudo ano de 2000, com 46 empresas compondo a amostra, sendo apenas uma não teve suas demonstrações contábeis examinada por auditores externos e 25 tinham seus papéis negociados nas bolsas de valores.

As principais informações das empresas utilizadas no estudo são apresentadas nas Tabelas ao final do artigo. Estão subdivididas em: Informações do Balanço Patrimonial: Total do Ativo, Patrimônio Líquido e Exigível; Informações da Demonstração do Valor Adicionado: Valor Adicionado, Insumos, Pessoal/Encargos, Juros/Aluguéis e Juros sobre Capital Próprio/Dividendos/Lucros Retidos; Informações da Demonstração de Resultado: Vendas, Lucro Líquido e Margem; Indicadores contábeis: Liquidez Corrente, Liquidez Geral, Rentabilidade, Endividamento Geral e de Longo Prazo, Giro, Crescimento de Vendas, Índice de Investimento no Imobilizado e Capital Circulante Líquido.

As variáveis Resultado Líquido, Margem, Rentabilidade, Crescimento de Vendas e Capital Circulante Líquido assumiram valores negativos para 15, 15, 10, 6 e 27 empresas, respectivamente.

Pode-se optar por desconsiderar as variáveis ou excluir as empresas, reduzindo o conjunto sob análise. Outra alternativa é fazer o tratamento proposto por Ali e Seiford (1990) e Pastor (1993).

Para verificar se as variáveis podem ser excluídas sem perda de informação, preparou-se a matriz de correlação para análise.

Uma das conclusões a ser ressaltada: o Valor Adicionado está melhor correlacionado ao Ativo Total que o Lucro Líquido (0,59036 e 0,43024). Apenas a correlação entre Receita de Venda e Ativo Total supera a relação Valor Adicionado com Ativo Total (0,62925). A Receita de Venda e Valor Adicionado mantém alta correlação (0,90998).

As variáveis que assumiram valores negativos não se apresentam altamente correlacionadas com nenhuma das demais variáveis, acrescentando portanto informações à análise. Para que fossem utilizadas seria necessário promover o ajuste para variáveis negativas ou excluir as empresas reduzindo o número de empresas sob estudo. No caso da variável CCL seria necessário reduzir o número de empresas a menos da metade.

Procedeu-se a uma análise de *Cluster* para investigar a existência de agrupamentos mais homogêneos entre as empresas. Foram utilizadas as variáveis Ativo Total, Vendas, Patrimônio Líquido e Resultado Líquido. As empresas de maior porte agrupam-se de forma a destacar características de sua operação. Assim, Cemig, Furnas, Chesf, Eletronorte e CESP formam um *cluster* com empresas de geração. CPFL, Eletronuclear, Copel, Eletropaulo e Light agrupam-se inicialmente devido ao porte de operação e, depois, reúnem-se às demais empresas de distribuição de pequeno e médio porte.

Decidiu-se, inicialmente, construir um modelo DEA com as variáveis Vendas e Valor Adicionado (produtos) e Ativo Total (recursos). Essas variáveis não assumem valores negativos e apresentam a correlação mais alta na Matriz de Correlação. Foi necessária apenas a exclusão de duas empresas (Itá e CPEE) para as quais não constavam o Valor Adicionado. O modelo inicial adotado foi o CCR. Apenas a Empresa Bandeirante foi considerada eficiente.

Seguindo o método *Stepwise DEA* foi calculada a correlação entre as demais variáveis e o escore de eficiência calculado pelo modelo inicial. A maior correlação foi de 0,95231, com a variável Giro, que foi então incluída no modelo como insumo. O novo modelo definiu como eficientes as empresas Bandeirante, Cemig, Chesf, CESP, Eletropaulo e Furnas. A eficiência média subiu de 44,7 para 61,9%.

Foi calculada a correlação entre o escore de eficiência do modelo com as demais variáveis, encontrando-se a variável Pessoal e Encargos com correlação de 0,66716. A variável foi acrescentada ao modelo como recurso, sendo alcançado um escore médio de eficiência de 75,7%, com o aparecimento na fronteira de eficiência das empresas AES Sul, CDSA, Cosern, Light e Serra da Mesa. CDSA e Serra da Mesa são empresas de menor porte que podem ter sido incluídas na fronteira por não terem “competidoras”.

Para confirmar essa afirmação é verificada sua força como “unidades de referência”. É o que mostra a Tabela 1 – Unidades de Referência – Modelo 3. Confirma-se que a CDSA é referência para apenas outra empresa. Mas a atuação da Serra da Mesa aproximou-a de 4 outras empresas. A análise de correlação é, portanto, novamente efetuada para verificar a pertinência de acrescentar-se mais uma variável explicativa.

Tabela 1 – Unidades de Referência – Modelo 3 CCR

Empresa	Número de vezes em que é referência
Bandeirante	23
AES Sul	16
Eletropaulo Metropolitana	15
Cosern	9
Furnas	8
Serra da Mesa	4
CESP	3
Light	2
Chesf	2
Cemig	2
CDSA	1

A correlação indicou a possibilidade de acrescentar ao modelo a variável Juros e aluguéis, com índice de 0,50403, como *input*. O novo modelo atingiu escore médio de eficiência de 84,3%, com a entrada na fronteira eficiente das empresas CEB, CNEE, Coelce, Copel, Eletrosul, EMAE e Santa Cruz. A Tabela 2 mostra a nova distribuição das empresas eficientes pelo número de vezes em que são referência para o desempenho das demais.

Tabela 2 – Unidades de Referência – Modelo 4 CCR

Empresa	Número de vezes em que é referência
Bandeirante	19
Furnas	15
Eletropaulo Metropolitana	12
CDSA	11
Cosern	9
AES Sul	8
Copel	4
Eletrosul	3
Cemig	3
CEB	3
Serra da Mesa	2
EMAE	2
Chesf	2
Coelce	1
CNEE	1
CESP	1

A distribuição dos escores de eficiência é mostrada na Tabela 3. Estão presentes empresas de diferentes portes e atuação, entre distribuição, geração e integradas. São, ao todo, 18 empresas eficientes no conjunto de 44 sob análise (40,9%). Mereceria maior análise a inclusão das empresas CESP, CNEE e Coelce como eficientes, por se apresentarem como referência para apenas uma outra empresa.

Tabela 3 – Distribuição dos índices de eficiência – Modelo 4 CCR

Índice de Eficiência	Número de empresas
Eficientes (100%)	18
91-100%	5

Índice de Eficiência	Número de empresas
81-90%	6
71-80%	3
61-70%	5
51-60%	2
41-50%	5

A análise final indica a inclusão da variável Rentabilidade, com correlação de 0,36837. A Rentabilidade, no entanto, é negativa para 4 empresas: Saelpa, Cepisa, AES Sul e Serra da Mesa. Assim, retoma-se o problema de inclusão de valores negativos nas análises DEA. Ressalte-se, ainda, que entre as empresas com rentabilidade negativa estão AES Sul e Saelpa, consideradas eficientes pelas análises.

Propõe-se aqui utilização do modelo BCC com orientação ao insumo para poder-se utilizar como produto, inicialmente, o Lucro Ajustado. A transformação dos valores foi efetuada conforme indicado por Shafer e Byrd (2000: 128) adicionando a cada uma das observações o valor mínimo assumido pela variável somado a 1. No caso prático apresentado do setor elétrico, o valor mínimo para o resultado, por exemplo, foi \$214.903. Assim, somou-se \$214.904 ao resultado de todas as demais empresas sob análise. O mesmo procedimento foi adotado para Capital Circulante Líquido, Rentabilidade e Margem.

O modelo inicial considera, portanto, Ativo Total, Vendas e Resultado Líquido Convertido. As empresas CPEE e Itá poderiam reingressar na análise, porém optou-se por manter o conjunto anterior para possibilitar a comparabilidade. São classificadas como eficientes Bandeirante, CNEE, Cosern, Eletropaulo e Furnas. A eficiência média é de 52,7%. O *Stepwise* DEA indica como variável a ser incluída o Giro (0,71334).

O novo modelo classificou como eficientes as empresas Caiuá, Cataguazes-Leopoldina, CDSA, Celtins, CESP, Chesf, EEVP, Eletronuclear, EPTE e Serra da Mesa, com escore de eficiência média de 88,6%. Ao verificar-se a necessidade de inclusão de variáveis, foi eleito o Patrimônio Líquido, com correlação de 0,31446.

O modelo final acrescentou as empresas AES Sul, Cepisa e CERJ, atingindo 92,7% de eficiência média. Foram classificados como eficientes 19 empresas das 44 sob análise (43,2%). A Tabela 4 apresenta a distribuição das empresas por intervalo de escore de eficiência.

Tabela 4 – Distribuição dos índices de eficiência – Modelo 3 BCC

Índice de Eficiência	Número de empresas
Eficientes (100%)	19
91-100%	7
81-90%	7
71-80%	11

A distribuição como unidades de referência é apresentada pela Tabela 5. As empresas CESP, CERJ e Cepisa são referenciadas por apenas uma única outra empresa, podendo ter sido classificadas como eficientes por falta de competidores ou por uma combinação de insumos/produtos incomum.

Tabela 5 – Unidades de Referência – Modelo 3 BCC

Empresa	Número de vezes em que é referência
Eletropaulo Metropolitana	17
Bandeirante	16
EEVP	14
Celtins	12

Empresa	Número de vezes em que é referência
Cataguazes-Leopoldina	8
CNEE	6
CDSA	4
Caiuá	4
AES Sul	4
Furnas	3
Chesf	2
Eletronuclear	1
CESP	1
CERJ	1
Cepisa	1

A Tabela 6 compara os pontos obtidos com sua classificação nos modelos DEA CCR e BCC. Os resultados dos modelos DEA apresentam resultados contrastantes, reforçando a suposição da vantagem de utilização da variável Resultado no modelo BCC. Os modelos classificam apenas três empresas como ineficientes entre as dez melhores de *Exame*.

Tabela 6 – Comparação dos Resultados DEA – *Melhores e Maiores*

Empresa	Modelo CCR 4	Modelo BCC 3	Melhores e Maiores
Cosern	100	100	475
Eletropaulo Metrop.	100	100	410
Bandeirante	100	100	360
CDSA	100	100	355
Serra da Mesa	100	100	350
Gerasul	91,57	82,61	255
EMAE	100	82,05	230
Energipe	50,22	87,69	200
CERJ	78	100	180
Furnas	100	100	175
Light	100	100	170
EEVP	48,64	100	170
Coelce	100	79,02	160
AES Sul	100	100	160
CNEE	100	100	150
CGTEE	46,72	94,37	135
CEEE	62,73	94,55	125
Escelsa	91,44	73,34	105
Cataguazes-Leopoldina	87,29	100	100
Eletronuclear	44,76	100	100
CESP	100	100	100
Santa Cruz	100	94,99	100
CPFL	99,04	80,57	95
Coelba	84,16	79,02	90
Chesf	100	100	90
Cemig	100	92,54	80
Elektro	80,03	79,84	80
Eletrosul	100	78,28	75
Celtins	63,16	100	70
Cepisa	50,85	100	60
EPTE	53,75	100	45
Copel	100	89,33	40
Celipa	76,92	76,85	20
Celesc	81,71	81,97	10

O Quadro 1 resume as características de cada modelo utilizado, comparando o número de variáveis, variáveis relevantes e número de empresas eficientes. As variáveis Vendas, Ativo Total e Giro apareceram nos dois modelos DEA. As variáveis do modelo Melhores e Maiores não foram selecionadas, pelos critérios utilizados, para compor os modelos DEA. No modelo DEA CCR foram selecionadas três variáveis oriundas da Demonstração do Valor Adicionado: Valor Adicionado, Pessoal e Encargos e Juros e Aluguéis.

Quadro 1 – Características dos Modelos

<i>Modelo</i>	<i>Número de Variáveis</i>	<i>Variáveis Relevantes</i>	<i>Eficientes</i>
Melhores e Maiores	6	Rentabilidade Investimento Riqueza por funcionário Liderança de Mercado Crescimento de Vendas Investimento no Imobilizado	10
CCR	6	Vendas Valor Adicionado Ativo Total Giro Pessoal e Encargos Juros e Aluguéis	18
BCC	5	Vendas Resultado (Convertido) Ativo Total Giro Patrimônio Líquido	19

Considerações Finais

Este artigo apresenta os resultados de um estudo exploratório sobre a utilização de DEA em análise de balanços. Para o estudo foram utilizadas as informações contábeis de empresas do setor elétrico brasileiro, obtidas na Base de Dados FIPECAFI – Melhores e Maiores.

Foi apresentada uma breve revisão sobre Análise por Envoltória de Dados e sua aplicação em análise de balanços, enfocando as dificuldades de sua utilização e as possibilidades de solução apresentadas na literatura.

Uma metodologia para utilização de DEA em análise de balanços foi proposta e explicada em cada uma de suas etapas. A metodologia proposta foi aplicada em um estudo de caso brasileiro com o desenvolvimento de dois modelos de Análise por Envoltória de Dados. Os resultados obtidos foram comparados com o *ranking* Melhores e Maiores de Exame.

Os modelos DEA classificaram corretamente as cinco primeiras empresas pelo critério de Excelência Empresarial de Melhores e Maiores. Entre as dez melhores empresas, apenas três não foram classificadas como eficientes.

As variáveis incluídas em cada modelo divergem sendo que apenas os indicadores Ativo Total, Vendas e Giro permanecem nos dois modelos DEA.

O número de empresas eficientes em cada modelo sofre alteração. O critério Melhores e Maiores é utilizado para destacar as dez primeiras empresas de cada setor em análise. Os modelos DEA não apresentam essa restrição, tendo apresentado 19 e 18 empresas eficientes, respectivamente.

Assim, confirma-se a validade da aplicação do modelo DEA para análise de balanço de empresas e a importância do estudo de procedimentos para incorporar variáveis negativas. Para confirmação dos resultados obtidos poder-se-ia repetir o estudo com outros anos do mesmo setor, ou com outros setores. A análise poderia ainda ser aperfeiçoada com a utilização de outras técnicas estatística como análise fatorial e análise de regressão.

Bibliografia

- ALI, Agha Iqbal e SEIFORD, Lawrence M. *Translation invariance in Data Envelopment Analysis*. Operations Research Letters, 9, 403-405, 1990.
- BANKER, R.D, CHARNES, A., COOPER, W. W. *Some Models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science, 30, 9, 1078-1092, 1984.
- CORRAR, Luiz João. *Indicadores de desempenho de empresas de saneamento básico*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo: FEA – USP, 1981.
- KANITZ, Stephen Charles. *Como Prever falências*. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.
- LOVELL, C. A. Knox e PASTOR, Jesús T. *Units invariant and translation DEA models*. Operations Research Letters, 18, 147-151, 1995.
- MATIAS, Alberto Borges e SIQUEIRA, José de Oliveira. *Risco bancário: Modelo de previsão de insolvência de bancos no Brasil*. Revista de Administração da USP, 31(2): 19-28, abr./jun. 1996.
- PASTOR, Jesús T. *Translation invariance in data envelopment analysis*. Annals of Operations Research, 66, 93-102, 1993.
- SHAFFER, Scott M. e BYRD, Terry A. *A Framework for measuring the efficiency of organizational investments in information technology using data envelopment analysis*. Omega – The International Journal of Management Science, 28, 125-141, 2000.
- PEREIRA DA SILVA, José. *Gestão e análise de risco de crédito*. São Paulo: Atlas, 1997.
- SMITH, P. *Data Envelopment Analysis applied to financial statements*. Omega – International Journal of Management Science, 18(2): 131-138, 1990.
- FERNANDEZ-CASTRO, A. e SMITH, P. *Towards a general non-parametric model of corporate performance*. Omega – International Journal of Management Science, 22(3): 237-249, 1994.
- STELLITA LINS, 1999 *Apud* SILVA, Antônio Carlos Magalhães da. *Análise da eficiência das instituições financeiras brasileiras, segundo a metodologia do Data Envelopment Analysis (DEA)*. Tese (Mestrado) – Instituto de Pós-Graduação em Administração, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 2000.
- VALLE, Maurício Ribeiro do. *O Custo de captação nos mercados americanos de Bonds e internacional de Eurobonds: uma análise das maiores empresas do setor de papel & celulose*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, da Universidade de São Paulo. São Paulo: FEA – USP, 1992.
- ZHU, Joe. *Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies*. European Journal of Operational Research, 123, pp. 105-124, 2000.
- EXAME. *Melhores e Maiores*. São Paulo: Exame, Julho/2001.

Empresa	Total do Ativo	Patrimônio Líquido	Exigível a Longo Prazo	Vendas	Lucro Líquido	Margem	Valor Adicionado	Insumos	Pessoal e Encargos	Juros e Aluguéis	JSKP, Dividendos e Lucros Retidos
Coelce	1.050.792	795.692	97.614	501.388	38.369	7,65	264.123	204.448	42.444	21.048	43.410
CELG	969.214	375.664	304.783	559.893	(14.803)	-2,64	300.404	307.533	62.917	82.057	(33.539)
Escelsa	1.142.364	474.813	535.098	472.482	(934)	-0,20	285.227	203.966	29.338	89.927	1.919
CERJ	1.477.080	298.880	804.080	724.294	9.407	1,30	316.121	426.914	49.408	107.399	10.803
Celpe	648.890	345.424	154.024	541.361	(24.503)	-4,53	172.637	357.821	54.140	25.869	(25.773)
Eletronorte	9.250.450	6.525.799	1.559.445	736.262	(214.903)	-29,19	182.371	174.261	101.790	253.060	(266.079)
Coelba	1.805.637	970.472	586.440	832.621	73.876	8,87	472.242	347.878	65.676	104.853	77.075
Celesc	1.380.074	731.655	370.907	859.631	4.158	0,48	457.290	429.099	95.265	89.456	2.061
Chesf	10.006.410	5.999.137	3.521.330	1.228.604	268.748	21,87	924.332	339.616	295.618	442.579	24.677
Eletrosul	1.076.212	830.162	86.545	541.208	26.561	4,91	117.675	435.985	40.964	6.786	37.837
Copel	5.301.501	3.610.374	1.357.696	1.424.687	220.102	15,45	974.094	330.493	161.135	47.039	220.103
CEEE	1.829.993	477.091	1.091.268	633.020	37.562	5,93	290.373	383.556	92.178	67.412	(52.789)
CPFL	3.460.650	2.516.652	584.187	1.672.845	37.690	2,25	768.705	736.390	140.059	106.461	43.354
Light	4.753.477	1.238.728	2.397.125	2.131.394	(45.514)	-2,14	1.334.921	873.503	177.915	575.297	(28.746)
Cemig	6.641.206	5.033.113	749.881	2.596.520	220.273	8,48	1.642.827	845.171	296.540	171.810	212.212
CESP	11.064.814	6.219.840	3.590.961	766.642	2.493	0,33	386.121	334.799	35.330	632.163	(211.874)
Furnas	8.421.773	5.763.837	1.376.818	3.431.892	445.436	12,98	792.109	2.547.378	132.295	199.724	276.286
Eletropaulo Metropolitana	4.827.672	1.727.765	1.995.487	3.258.373	185.686	5,70	1.688.143	1.585.644	197.417	379.084	122.166
Cosern	446.962	246.440	91.307	239.863	42.585	17,75	135.015	99.155	11.419	20.617	36.227
Caiuá	778.711	269.759	391.982	69.232	(84.290)	-121,75	35.261	33.171	4.138	70.520	(48.767)
Cataguazes-Leopoldina	429.469	245.060	138.312	94.655	20.678	21,85	98.387	41.377	11.051	17.844	37.779
Rede/Cemat	690.054	230.855	354.002	365.133	(58.463)	-16,01	147.140	186.258	20.277	74.794	(53.447)
Santa Cruz	88.117	81.134	869	56.565	(238)	-0,42	27.709	23.470	8.106	561	77
Eletronuclear	3.908.806	3.176.120	524.770	172.317	14.830	8,61	33.277	102.855	42.533	48.247	(34.631)
CEB	395.060	281.889	27.720	334.365	17.386	5,20	169.590	152.804	46.654	5.846	13.103
CPEE	73.310	50.980	4.197	16.120	3.973	24,65					
Enersul	553.488	316.755	165.218	237.925	12.688	5,33	124.488	103.858	19.953	25.459	6.005
Energipe	574.281	389.930	143.054	121.291	3.029	2,50	61.308	65.863	12.681	14.817	6.015
CNEE	54.105	30.070	1.984	33.610	3.773	11,23	19.312	16.093	2.867	816	5.082
EEVP	298.592	138.380	78.885	56.924	(51.292)	-90,11	2.897	28.117	4.009	23.977	(38.009)

Empresa	Total do Ativo	Patrimônio Líquido	Exigível a Longo Prazo	Vendas	Lucro Líquido	Margem	Valor Adicionado	Insumos	Pessoal e Encargos	Juros e Aluguéis	JSKP, Dividendos e Lucros Retidos
EEB	69.066	51.876	8.716	46.106	2.998	6,50	24.836	23.626	3.599	2.498	4.487
Celtins	263.632	185.625	59.362	74.437	2.292	3,08	38.867	31.299	5.853	8.274	223
Saelpa	240.336	70.525	122.059	166.093	(49.603)	-29,86	62.645	91.045	40.887	19.368	(47.965)
Itá	672.126	260.336	17.837	51.926	28.668	55,21					
Cepisa	208.302	50.587	123.431	116.809	(24.402)	-20,89	33.037	75.179	18.814	18.334	(31.136)
Celipa	768.897	379.378	277.207	377.766	10.379	2,75	155.779	213.408	25.731	40.685	(298)
RGE	1.046.059	587.661	346.481	483.691	(9.370)	-1,94	166.546	222.105	21.335	42.828	(29.864)
CDSA	586.930	465.824	78.362	92.708	48.148	51,94	74.685	7.738	2.438	6.413	47.856
CGTEE	431.343	392.392	19.588	102.453	4.090	3,99	17.988	41.055	15.870	3.981	(7.848)
AES Sul	1.179.454	143.069	829.430	550.013	(42.357)	-7,70	278.784	311.431	16.950	207.314	(75.663)
Elektro	1.557.779	845.825	576.216	866.234	(2.482)	-0,29	404.610	407.202	59.605	154.180	(32.315)
Bandeirante	1.457.366	523.752	471.107	1.607.011	95.845	5,96	694.745	881.502	103.427	90.253	25.713
Gerasul	2.535.452	1.476.145	744.211	585.764	95.677	16,33	290.029	236.724	30.705	106.585	83.258
EMAE	625.068	521.307	84.148	191.959	12.494	6,51	63.981	118.743	36.530	1.558	7.801
EPTE	1.356.824	1.146.800	161.250	154.430	18.403	11,92	96.099	21.012	53.024	8.359	5.294
Serra da Mesa	1.659.419	528.996	1.082.816	86.556	(139.114)	-160,72	127.298	(1.050)	1.592	173.083	(55.101)
Média	2.131.679	1.239.621	610.613	657.936	27.088	-2,8	335.319	327.239	61.147	104.301	6.295
Desvio-padrão	2.803.108	1.821.747	837.464	814.937	104.404	36,5	417.429	460.773	71.541	146.692	90.331
Mínimo	54.105	30.070	869	16.120	-214.903	-160,7	2.897	-1.050	1.592	561	-266.079
Máximo	11.064.814	6.525.799	3.590.961	3.431.892	445.436	55,2	1.688.143	2.547.378	296.540	632.163	276.286
Coefficiente de Variação	1,31	1,47	1,37	1,24	3,85	-12,84	1,24	1,41	1,17	1,41	14,35
Coefficiente MaxMin	204,51	217,02	4.132,29	212,90	-2,07	-0,34	582,72	-2.426,07	186,27	1.126,85	-1,04

Empresa	Liquidez Corrente	Liquidez Geral	Rentabili- dade	End. Geral	End. LP	Giro	Cresc. Vendas	Investi- mento Imobilizado	CCL
Coelce	0,80	0,67	4,58	24,28	9,29	0,48	2,11	17,29	-31,96
CELG	1,16	0,62	-3,94	61,24	31,45	0,58	2,46	4,34	45,15
Escelsa	1,88	0,48	-0,19	58,44	46,84	0,41	6,49	7,98	116,29
CERJ	0,45	0,48	3,15	79,77	54,44	0,49	6,24	18,38	-204,99
Celpe	1,21	0,79	-6,52	46,77	23,74	0,83	6,66	10,04	30,89
Eletronorte	0,39	0,37	-3,29	29,45	16,86	0,08	5,12	4,14	-714,42
Coelba	0,99	0,62	7,14	46,25	32,48	0,46	6,00	13,51	-2,52
Celesc	0,65	0,99	0,57	46,98	26,88	0,62	6,77	7,07	-98,36
Chesf	1,23	0,16	4,45	40,05	35,19	0,12	15,67	2,17	113,45
Eletrosul	1,59	1,73	3,16	22,86	8,04	0,50	-10,51	2,85	94,38
Copel	1,18	0,52	5,96	31,90	25,61	0,27	8,49	4,96	60,58
CEEE	1,32	0,48	7,87	73,93	59,63	0,35	-0,74	4,20	84,23
CPFL	1,33	1,00	1,41	27,28	16,88	0,48	5,08	4,52	117,79
Light	0,53	0,25	-3,67	73,94	50,43	0,45	7,13	11,21	-520,96
Cemig	0,63	0,80	4,29	24,21	11,29	0,39	9,87	3,63	-314,73
CESP	0,38	0,20	0,04	43,79	32,45	0,07	-47,64	0,00	-779,18
Furnas	0,93	0,59	7,62	31,56	16,35	0,41	-4,71	4,74	-93,2
Eletropaulo Metropolitana	0,85	0,43	9,45	64,21	41,33	0,67	4,29	5,51	-163,4
Cosern	1,09	1,31	15,16	44,86	20,43	0,54	15,92	16,11	9,84
Caiuá	0,43	0,54		65,36	50,34	0,09	8,62	10,04	-66,22
Cataguazes-Leopoldina	0,41	0,35	7,80	42,94	32,21	0,22	10,24	10,90	-27,27
Rede/Cemat	0,79	0,54	-25,32	66,55	51,30	0,53	5,03	6,77	-22,38
Santa Cruz	1,67	4,49	-0,29	7,92	0,99	0,64	11,13	6,92	4,08
Eletronuclear	0,65	0,29	0,47	18,74	13,43	0,04	33,47	4,63	-73,28
CEB	0,91	0,79	6,10	28,65	7,02	0,85	5,39	9,34	-8,01
CPEE	0,31	0,37	7,50	30,46	5,73	0,22	5,63	10,46	-12,59
Enersul	0,70	0,60	3,99	42,77	29,85	0,43	6,41	10,68	-21,67
Energipe	0,84	0,98	0,78	32,10	24,91	0,21	0,97	18,72	-6,52
CNEE	0,22	1,08	8,03	44,42	3,67	0,62	8,77	6,41	-17,13
EEVP	0,20	0,33	-35,53	53,66	26,42	0,19	12,88	16,02	-65,12

Empresa	Liquidez Corrente	Liquidez Geral	Rentabili- dade	End. Geral	End. LP	Giro	Cresc. Vendas	Investi- mento Imobilizado	CCL
EEB	0,75	2,21	5,65	24,89	12,62	0,67	8,99	8,25	-2,15
Celtins	1,41	0,39	1,22	29,59	22,52	0,28	12,15	4,73	7,61
Saelpa	1,15	0,80		70,66	50,79	0,69	10,66	5,42	7,04
Itá	0,09	0,09	10,97	61,27	2,65	0,08		15,78	-357,16
Cepisa	1,01	0,40		75,72	59,26	0,56	1,89	14,30	0,45
Celipa	1,09	0,75	2,74	50,66	36,05	0,49	11,41	10,30	9,59
RGE	0,81	0,27	-1,50	43,82	33,12	0,46	5,01	5,99	-21,64
CDSA	0,77	0,27	9,37	20,63	13,35	0,16	0,98	0,20	-9,81
CGTEE	2,16	1,20	1,04	9,03	4,54	0,24	-3,71	0,69	22,38
AES Sul	0,43	0,27		87,87	70,32	0,47	3,80	3,76	-117,8
Elektro	1,47	0,43	-0,29	45,70	36,99	0,56	9,03	4,31	63,79
Bandeirante	0,70	0,43	18,07	64,06	32,33	1,10	8,43	7,54	-137,59
Gerasul	0,41	0,25	6,19	41,78	29,35	0,23	27,30	2,88	-185,54
EMAE	3,00	0,71	2,39	16,60	13,46	0,31	17,34	1,80	39,16
EPTE	1,45	0,44	1,60	15,48	11,88	0,11	-10,37	2,04	22,13
Serra da Mesa	2,09	0,19		68,12	65,25	0,05	11,99	217,44	51,84
<i>Média</i>	<i>1,0</i>	<i>0,7</i>	<i>2,2</i>	<i>44,2</i>	<i>28,3</i>	<i>0,4</i>	<i>6,0</i>	<i>12,2</i>	<i>-69,0</i>
<i>Desvio-padrão</i>	<i>0,6</i>	<i>0,7</i>	<i>9,0</i>	<i>20,3</i>	<i>18,2</i>	<i>0,2</i>	<i>11,3</i>	<i>31,3</i>	<i>191,0</i>
<i>Mínimo</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>-35,5</i>	<i>7,9</i>	<i>1,0</i>	<i>0,0</i>	<i>-47,6</i>	<i>0,0</i>	<i>-779,2</i>
<i>Máximo</i>	<i>3,0</i>	<i>4,5</i>	<i>18,1</i>	<i>87,9</i>	<i>70,3</i>	<i>1,1</i>	<i>33,5</i>	<i>217,4</i>	<i>117,8</i>
<i>Coefficiente de Variação</i>	<i>0,60</i>	<i>1,01</i>	<i>4,20</i>	<i>0,46</i>	<i>0,64</i>	<i>0,59</i>	<i>1,89</i>	<i>2,58</i>	<i>-2,77</i>
<i>Coefficiente MaxMin</i>	<i>32,08</i>	<i>50,21</i>	<i>-0,51</i>	<i>11,09</i>	<i>71,31</i>	<i>25,00</i>	<i>-0,70</i>	<i>NA</i>	<i>-0,15</i>