

5 Aplicação da DEA

O objetivo deste capítulo é aplicar a metodologia DEA, indicada no Capítulo 04, às empresas prestadoras dos serviços de água e esgotos selecionadas. Para isso, tomou-se como ponto de partida o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2000, que é publicado anualmente pelo governo federal desde 1995, e contém informações a respeito do setor saneamento no Brasil, permitindo uma avaliação de seu desenvolvimento e evolução.

5.1 Definição e Seleção das Unidades

Conforme exposto anteriormente, será avaliada a eficiência das 71 empresas que apresentam número de ligações ativas de água igual ou superior a 30 mil e que possuem todas as informações relativas ao conjunto de variáveis selecionados. Esse grupo de 71 empresas é formado por 22 prestadores de serviços de abrangência regional e 49 de abrangência local.

Essas empresas serão denominadas aleatoriamente por C1, C2, C3, ..., C70, C71, com o objetivo de preservá-las e evitar exposições desnecessárias.

A decisão de manter o anonimato das empresas se prende, principalmente, aos seguintes motivos:

- (a) o objetivo primordial dessa dissertação, qual seja, avaliar a aplicabilidade dessa técnica de análise não exige identificação;
- (b) a análise é limitada aos dados do SNIS e, portanto, o significado de eficiência fica também limitado à interpretação desses dados à luz do modelo DEA escolhido, não tendo o significado mais geral de eficiência que só seria possível a partir de dados e informações complementares;
- (c) o modelo não está completamente validado, podendo haver casos de anomalias, resultando em falsa ineficiência ou mesmo falsa eficiência;

- (d) finalmente, porque os dados não são auditados e não foram coletados com o objetivo de avaliar as companhias individualmente, uma vez que seu fornecimento é voluntário e não é feito trabalho algum para sua certificação.

5.2

Definição das Variáveis

A escolha das variáveis tem papel fundamental para a determinação da eficiência e para se atingir a análise sob o enfoque escolhido.

Por isso, as variáveis foram definidas a partir de modelos previamente empregados em estudos encontrados na literatura, sendo as variáveis escolhidas análogas às adotadas nesses estudos.

A seção seguinte apresenta como se chegou às variáveis selecionadas para integrar o modelo final.

5.3

Escolha dos Modelos e das Variáveis

Examinados diversos modelos existentes na literatura, buscou-se identificar os mais indicados. Foram testados quatro modelos até se chegar a um conjunto de variáveis capaz de produzir resultados consistentes sobre o conjunto de dados das empresas de saneamento selecionadas. Como será exposto a seguir, essa escolha do modelo e conjunto de variáveis não foi sistemática, mas sim, intuitiva e guiada pelos resultados.

- Aplicação da Técnica *Stepwise* para Seleção das Variáveis.

Inicialmente, a idéia era aplicar o método *Stepwise* para a seleção das variáveis para o modelo. Como esse método baseia-se no critério de grau de ajustamento dos dados, seria uma alternativa mais sistemática e objetiva para a escolha dos fatores que influenciam a DMU do que uma seleção baseada apenas na intuição e sensibilidade.

A primeira utilização desse método para seleção de variáveis, através de um procedimento sistematizado, foi feita por Norman e Stoker em 1991, inspirados na seleção de variáveis em modelos de regressão linear estatística. O

método começa com a definição de um par *input-output* inicial e calcula-se a eficiência das DMU's com base neste par. Em seguida, calcula-se a correlação das demais variáveis com os índices de eficiência obtidos para o par inicial. A lista então é percorrida em ordem decrescente do módulo do coeficiente de correlação, seguindo-se de uma análise causal para selecionar a próxima variável a ingressar no modelo (Estellita Lins, 2000).

Tendo pré-selecionado um grupo de variáveis, 11 ao todo, (Pessoal Próprio, Quantidade Equivalente de Pessoal Total, Terceiros, Produtos Químicos, Energia Elétrica, Tarifa Média de Água, Quantidade de Ligações Ativas de Água, Extensão Rede de Água, Volume de Água Produzido, Receita Operacional Direta Água, População Total dos Municípios Atendidos com Água), classificadas *a priori* como *input* ou *output*, partiu-se para a aplicação do método *Stepwise*, de modo a verificar se essas variáveis escolhidas demonstrariam influência na eficiência de cada unidade a ser avaliada.

Seguiram-se então os seguintes procedimentos:

- calcular a correlação entre todas as variáveis do modelo;
- escolher o par *input-output* com a maior correlação;
- o par escolhido identifica as duas primeiras variáveis do modelo;
- calcula-se o índice de eficiência para cada DMU utilizando essas duas variáveis;
- faz-se a correlação desses índices de eficiência com cada variável;
- se a variável for *input*, sua correlação deve ser positiva com o índice de eficiência encontrado;
- se a variável for *output*, sua correlação deve ser negativa com o índice de eficiência encontrado;
- na inclusão de uma nova variável no modelo, calcula-se novamente a eficiência de todas as DMU's, na forma do modelo e orientação DEA escolhidos, assim como a correlação desta eficiência com as outras variáveis;
- estipula-se um critério de eficiência média, para desconsiderar as demais variáveis ainda não incluídas no modelo, ou seja, para se determinar quando não é mais preciso incluir variáveis no modelo. Neste trabalho adotou-se arbitrariamente 75% como eficiência média, pois a partir deste ponto o aumento da eficiência média com o acréscimo de uma nova variável passou a ser pequeno.

O par *input-output* inicial foi Energia Elétrica-Receita Operacional Direta Água, com correlação de 0,9897. Partindo desse par, a lista foi percorrida

decrementemente, em busca da eficiência média aceitável, de modo a permitir eliminar de consideração as demais variáveis que não entraram no modelo até então. Para calcular os níveis de eficiência relativa utilizou-se o *software* Frontier Analyst Professional versão 2.0, da Banxia Software.

Chegou-se a um modelo com 05 *inputs* (Pessoal Próprio, Terceiros, Produtos Químicos, Energia Elétrica, Tarifa Média de Água) e 01 *output* (Receita Operacional Direta Água), que atingiu uma eficiência média de 76,10%, apresentando 27 empresas eficientes dentro de um grupo de 71. Para a obtenção desses resultados utilizou-se o DEA-BCC com orientação para *output*.

Numa análise mais detalhada para validar o modelo, além de verificar se a eficiência média estabelecida para corte havia sido superada, deteve-se para análise no único *output* apontado após os procedimentos realizados: Receita Operacional Direta Água. Como um dos objetivos deste trabalho é justamente buscar uma avaliação alternativa à visão financeira de eficiência, para captar a eficiência gerencial entendeu-se que o modelo não era adequado. Isto porque no setor de saneamento as tarifas são administradas e reguladas pelo poder público e, muitas vezes, não refletem a realidade.

- Aplicação do Modelo Utilizado por Novaes (2001)

Visto que os resultados encontrados com o modelo anterior não atenderam aos objetivos definidos inicialmente, partiu-se em busca de um novo conjunto de dados.

Novaes (2001) faz uma aplicação de DEA para analisar a eficiência de sistemas de metrô, supondo um conjunto de 06 variáveis, sendo que destas apenas uma é *output*, o número total de passageiros. Tal hipótese baseia-se no reconhecimento do objetivo produtivo da indústria, que é o de transportar pessoas, a partir de determinados insumos. Um paralelo poderia ser traçado para a análise das companhias de água que, como os metrôs, operam redes, sendo possível supor que o volume de água consumido ou, então, o número de ligações de água é o principal objetivo produtivo da empresa, visando atender a população de determinada região. Essa variável seria uma maneira de quantificar como as empresas fazem isso com os recursos disponíveis. Portanto, escolheu-se quantidade de ligações de água como o produto principal para análise.

Definida a variável de saída como a quantidade de ligações ativas de água,

passou-se para seleção de um conjunto de variáveis para representar o papel de *inputs*. A escolha dessas variáveis foi baseada em critérios subjetivos, tendo em mente identificar quais fatores seriam insumos mais importantes para o produto final. Assim, chegou-se a um grupo inicial com seis *inputs*, quais sejam:

- Extensão da Rede de Água;
- Despesa com Pessoal Próprio + Terceiros;
- Produtos Químicos;
- Energia Elétrica;
- Volume Água Produzido;
- População Total dos Municípios Atendidos com Água.

Como resultado, foi obtido um grupo de 31 empresas eficientes, considerado surpreendente, uma vez que não era esperado um número tão grande de DMU's operando eficientemente, correspondendo a 50% das companhias avaliadas. Além disso, analisando os resultados obtidos por análise de regressão, outras considerações sugeriram que esse não seria um modelo adequado. O grupo de empresas eficientes foi gerado utilizando-se o DEA-BCC com orientação para *output*.

- Aplicação do Modelo Utilizado por Aida et al. (1998).

Aida et al. (1998) fizeram uma aplicação da técnica DEA para avaliar o desempenho dos prestadores de serviço de água no Japão. Apesar de serem numerosos e diferentes, todos têm objetivos em comum: além de prover a população com diversos serviços, têm de ser auto-sustentáveis e operar de maneira eficiente. Tendo como base o foco da eficiência, o trabalho é desenvolvido de maneira a se verificar a possibilidade de uso do DEA como uma ferramenta para avaliar o desempenho dessas empresas sob as leis de águas japonesas.

Partindo desse mesmo princípio, buscou-se verificar a aplicabilidade do DEA para avaliar empresas similares no Brasil, usando variáveis semelhantes às utilizadas por Aida et al. (1998) e que estivessem disponíveis no banco de dados do SNIS.

As similares encontradas foram:

INPUT (05 ao todo)

- Quantidade Equivalente de Pessoal;

- DEX (Despesas de Exploração);
- Ativo Produtivo;
- População Total do Município Atendido;
- Extensão da Rede de Água.

OUTPUT (02 ao todo)

- Volume de Água Consumido;
- Receita Operacional de Água.

Para trabalhar com essas variáveis foi preciso fazer um ajuste no grupo de empresas em estudo, que aqui foi reduzido de 71 para 30, pois diversas companhias não apresentavam todos os dados necessários. Separado o novo grupo, foram feitos os cálculos tradicionais de correlação e regressão, com o objetivo de verificar a coerência e aumentar o entendimento dos dados para interpretação dos resultados.

Observaram-se elevadas correlações entre os *inputs*, indicando que uma abordagem de regressão múltipla seria complicada devido à grande multicolinearidade.

Procedeu-se então ao cálculo da eficiência relativa, obtendo, como resultado, um grupo de 16 empresas eficientes, utilizando-se o DEA-BCC com orientação para *output*. Visando conseguir um melhor ajuste, excluiu-se a variável Ativo Produtivo, já que a retirada de uma variável reduz as dimensões da fronteira eficiente. Como era de se esperar, o número de DMU's eficientes diminuiu, passando de 16 para 13.

Apesar dos resultados obtidos, numa primeira análise, fazerem sentido, decidiu-se buscar novo conjunto de variáveis. As principais razões para isso foram:

- (a) a redução do tamanho da amostra devido à falta de dados – redução do grupo analisado de 71 para 30 DMU's;
- (b) a elevada proporção de empresas eficientes;
- (c) a reduzida autonomia gerencial sobre as tarifas sujeitas a regulação pelo poder público, fato que dificulta a interpretação das receitas.

- Aplicação do Modelo Utilizado por Thanassoulis (2000a)

Thanassoulis (2000a) faz um estudo acerca da utilização de DEA num contexto de estabelecimento de limite de preços para revisão de tarifas, fixadas

pelo OFWAT (*Office of Water Service*), órgão regulador das companhias de água e esgoto na Inglaterra e Gales. O objetivo é avaliar a eficiência das empresas, mensurando o excesso, caso exista, de *inputs* por cada unidade dado o nível de *outputs* produzidos e as condições ambientais nas quais elas operam, para identificar e estimar potenciais economias na operação.

De acordo com a natureza da função de distribuição de água e a partir de subsídios informados pelo próprio OFWAT, foram selecionadas as variáveis a serem utilizadas no modelo final: número de conexões servidas, comprimento da rede e quantidade de água entregue, todos *outputs*, e despesas operacionais, como *input*.

Visto que os modelos utilizados anteriormente não apresentaram resultados satisfatórios, optou-se por buscar variáveis similares às empregadas por Thanassoulis (2000a) em seu estudo e adaptá-las à realidade local.

Isto posto, buscou-se na base de dados do SNIS variáveis que atenderiam às especificações de Thanassoulis (2000a) ou tivessem características semelhantes à elas. Chegou-se então a:

- *OUTPUT*
 - Volume de Água Consumido: dá uma idéia do trabalho realizado pela empresa em transportar água até o consumidor final;
 - Extensão da Rede de Água: reflete a dispersão dos clientes;
 - Quantidade de Ligações Ativas de Água: quantifica o número de pontos abastecidos.
- *INPUT*
 - Despesas de Exploração (DEX): considera todos os gastos ligados diretamente à exploração dos serviços, tais como despesas com pessoal próprio, produtos químicos, energia elétrica, terceiros, etc, não levando em conta despesas com investimento e serviço da dívida (juros e encargos).

Identificadas tais variáveis com potencial para entrar no modelo, foi verificado que o *input* Despesas de Exploração englobava não só as despesas relacionadas à captação, tratamento e distribuição de água, mas também carregava custos relacionados ao sistema de esgoto existente. Inicialmente pretendia-se fazer uma análise das companhias exclusivamente de água, ou apenas da parte de água das companhias concessionárias dos serviços de água e esgotos, mas como as despesas não são abertas e separadas para esses dois serviços, tal intento tornou-se

difícil. Como existem empresas que operam sistemas complexos de esgoto, não só com coleta e afastamento, mas principalmente tratamento, que tem custo mais elevado, era necessário criar uma maneira de compensar tal fato. A solução adotada para equilibrar isso foi inserir uma nova variável, no caso o *output* Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto, para tentar captar a influência dos custos desse serviço na DEX e, com isso, não penalizar as empresas que operam sistemas mais complexos.

Sendo assim, o modelo a ser utilizado ficou com a seguinte composição de variáveis:

- *OUTPUT*
 - Volume de Água Consumido;
 - Extensão da Rede de Água;
 - Quantidade de Ligações Ativas de Água;
 - Quantidade de Ligações de Esgoto.
- *INPUT*
 - Despesas de Exploração (DEX).

Uma outra preocupação com as variáveis surgiu com o *output* Volume de Água Consumido, uma vez que existem perdas significativas da quantidade de água durante o transporte até a sua disponibilização para os clientes finais e isso evidentemente merece ser considerado para o cálculo da eficiência. Ao se fazer uma análise mais detalhada da variável foi possível verificar que quando se usa o volume consumido, na verdade pode se entender como o volume realmente disponibilizado no sistema, excluídas todas possíveis perdas. Então, na verdade, já estão sendo captadas as perdas ao utilizar o Volume de Água Consumido.

Quanto à variável de *input*, DEX, o ideal seria tê-la decomposta nas diversas quantidades físicas dos insumos. Isto porque os custos dos insumos não são preços de mercado, pois despesas com pessoal, impostos, energia e outros têm preços diferentes dependendo da natureza pública ou privada, da localização geográfica e da história da empresa. Entretanto, tal separação exigiria o levantamento de dados que não são coletados pelo SNIS e, além disso, aumentaria muito o número de variáveis, o que, mantido o tamanho da amostra, poderia resultar num número excessivo de empresas classificadas como eficientes em bases pouco relevantes. A seguir são apresentados os quadros e as tabelas com os resultados das correlações e análises de regressões.

- Correlação

	INPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	OUTPUT	
	Desp Explo Total (DEX) R\$/ano	Volume Água Consumido 1000m3/ano	Extensão Rede de Água	Qtde de Ligs Ativas de Água	Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	
INPUT	Desp Explo Total (DEX) R\$/ano	1	0,9878	0,9061	0,9529	0,8859
OUTPUT	Volume Água Consumido 1000m3/ano	1	0,8673	0,9349	0,9141	
OUTPUT	Extensão Rede de Água		1	0,9678	0,8121	
OUTPUT	Qtde de Ligs Ativas de Água			1	0,9078	
OUTPUT	Qtde de Ligs Ativas de Esgoto				1	

Quadro 4 - Correlação do Modelo Thanassoulis (2000a)

- Regressão múltipla – variável dependente: DEX e $R^2 = 0,989$

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	6937462,223	2667733,88	2,6005076	0,0114767	1611161,6 15	12263762,8 3
Volume Água Consumido 1000m3/ano	722,2371989	33,6696705	21,450676	1,852E-31	655,013557	789,46084 07
Extensão Rede de Água	1728,837183	1481,49967	1,1669508	0,2474293	-1229,0712 77	4686,7456 43
Qtde de Ligs Ativas de Água	53,01862431	25,309947	2,0947742	0,0400332	2,4857029 23	103,55154 57
Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	-74,21112849	16,6982065	-4,444257	3,452E-05	-107,55016 13	-40,872095 63

Tabela 2 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX

- Regressão múltipla – var dependente: DEX, com constante = 0 e $R^2 = 0,988$

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	0	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Volume Água Consumido 1000m3/ano	722,4887831	35,0876188	20,590989	1,098E-30	652,4535836	792,5239826
Extensão Rede de Água Km	2004,907334	1539,92834	1,3019485	0,1973924	-1068,803346	5078,618013
Qtde de Ligs Ativas de Água	56,06940253	26,347598	2,1280	0,0370139	3,479362223	108,6594428
Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	-78,99817291	17,2954362	-4,5675	2,174E-05	-113,5200175	-44,47632828

Tabela 3 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e Constante Zero

- Regressão múltipla – var dependente: DEX, sem a variável Extensão de Rede e $R^2 = 0,988$

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	7160539,228	2668050,16	2,6838098	0,0091622	1835087,343	12485991,1143
Volume Água Consumido 1000m3/ano	714,1760234	33,0422648	21,614015	6,484E-32	648,2233686	780,1286782
Qtde de Ligs Ativas de Água	80,26587256	9,7942953	8,1951657	1,07E-11	60,71637194	99,81537319
Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	-84,86465411	14,019281	-6,053424	7,161E-08	-112,8472639	-56,88204433

Tabela 4 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e sem Extensão de Rede

- Regressão múltipla – var dependente: DEX, sem a variável Extensão de Rede, Constante = 0 e $R^2 = 0,988$

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	0	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Volume água consumido 1000m3/ano	713,1015355	34,5138748	20,6613	5,096E-31	644,2302114	781,9728597
Qtde de Ligs Ativas de Água	87,94507774	9,78492337	8,9878147	3,551E-13	68,41957867	107,4705768
Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	-91,59610861	14,4084528	-6,357109	2E-08	-120,3477115	-62,84450569

Tabela 5 - Regressão Múltipla do Modelo Thanassoulis (2000a) para DEX e sem Extensão de Rede - Constante Zero

Como era de se esperar, as correlações entre as variáveis selecionadas podem ser consideradas bem altas, variando de 0,812 (Ligações Ativas de Esgoto x Extensão de Rede) a 0,988 (Volume de Água Consumido x DEX). As altas correlações dos *outputs* com o *input* (sendo a menor 0,886 com Ligações Ativas

de Água e a maior 0,988 com Volume de Água Consumido) indicam a relevância de todas as variáveis. As variáveis utilizadas por Thanassoulis (2000a) também apresentam correlações muito altas, o que pode, talvez, vir a ser uma característica desse setor, independente do país.

Como aqui se tem um único *input*, DEX, consegue-se explicá-lo bem através de cada um dos *outputs*. Quando da análise da regressão, feita um a um entre cada *output* com o único *input*, os valores obtidos para o nível de significância foram muito inferiores ao limite de $p < 0,05$ para todos os casos, com os valores começando a partir de 10^{-24} , o que pode ser traduzido como uma alta significância dos coeficientes. Os coeficientes de determinação obtidos, R^2 , para cada um dos casos mantiveram-se em patamares elevados, sempre acima de 78%.

Apesar de, neste estudo, o interesse estar na análise via DEA, foram feitas algumas regressões para ressaltar dificuldades de sua utilização como instrumento de análise.

Na análise da regressão múltipla do *input* com as quatro variáveis de *output* ao mesmo tempo, detectou-se que os resultados são pouco confiáveis devido às elevadas correlações entre os *outputs*. Os poderes explicativos das variáveis são confundidos, resultando em coeficientes estatísticos pouco fidedignos.

Nessa regressão múltipla, como pode ser visto nas Tabelas 02 e 03, o *output* Extensão da Rede apresenta valores acima de 0,05 para o nível de significância, sendo seus valores 0,24 e 0,19, este último quando da fixação da constante em zero. Numa análise sem a variável Extensão da Rede, as demais variáveis que ficaram no modelo mantiveram seu bom comportamento, situando-se sempre com valor- $p < 0,05$.

Os valores- p para o *output* Extensão da Rede, ambos na ordem de 0,20, sinalizam que essa variável poderia ser retirada do modelo, uma vez que ela não é significativa e existem outras variáveis explicando o *input* Despesas de Exploração melhor do que ela.

Calculando-se o coeficiente de Durbin-Watson (SAS, 1985), que mede a autocorrelação dos resíduos do modelo, obteve-se $DW = 1,805$, que é não significativo, indicando que os resíduos não estão auto-correlacionados, com o modelo conseguindo se ajustar e produzir resíduos distribuídos aleatoriamente.

Apesar da significância de 5% para a variável Extensão da Rede não ter

sido atingida, a manutenção desse *output* não prejudica o modelo DEA, pelo contrário, pois a presença de um número maior de variáveis permite um ajustamento mais flexível das DMU's em busca do equilíbrio e da eficiência máxima.

Deve-se ressaltar também que a Extensão da Rede é uma maneira de não só captar a dispersão dos clientes atendidos, mas também de dar magnitude a uma ação importante das companhias, ligada diretamente às despesas de operação e capacidade de atendimento da população, além de ser passível de ações gerenciais.

Após todas essas análises, decidiu-se o grupo final de variáveis que seriam utilizadas no modelo a ser gerado mais adiante:

- *OUTPUT*
 - Volume de Água Consumido;
 - Extensão da Rede de Água;
 - Quantidade de Ligações Ativas de Água;
 - Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto.
- *INPUT*
 - Despesas de Exploração (DEX).

5.4 A Aplicação do Modelo DEA ao Estudo de Caso

Para aplicação da técnica DEA, além da escolha das variáveis, é necessário que o modelo de eficiência implícito seja definido antes do início do cálculo de eficiência.

Deve-se, primeiramente, determinar sob qual ótica o modelo será gerado, ou seja, se o interesse é a minimização dos *inputs* utilizados mantendo o nível de *outputs* da DMU em estudo, ou se o que é procurado é a maximização dos *outputs*, sem incorrer em aumentos nos níveis dos *inputs*, além dos já utilizados pela DMU em análise.

Aqui será adotada a ótica de maximização dos *outputs*, mantendo-se estável o nível atual de *inputs*, ou seja, para demonstrar a não eficiência de uma DMU, procurar-se-á gerar uma DMU fictícia (combinação linear de outras DMU's) que, com uma DEX igual ou inferior à da DMU em exame, seja capaz de

produzir *outputs* não inferiores aos dessa DMU em estudo.

A opção por maximizar os *outputs* vem, principalmente, da dificuldade em definir ações gerenciais para atender a possíveis melhorias no único *input*, uma vez que apenas os custos dos *inputs* que compõem essa DEX são informados, mas não seus valores físicos. Além disso, a maioria das empresas desse setor pertence aos governos estaduais ou municipais, com seus funcionários tendo, em função da legislação em vigor, maior estabilidade no emprego. Como o custo com pessoal corresponde, em média, a 50% das despesas para as empresas desse setor, no caso específico a variável DEX, minimizar *input* poderia surgir como algo quase infactível. Reduzir *inputs* sem poder reduzir os custos com pessoal seria uma ação pouco eficaz e, por outro lado, as possibilidades de ação sobre os *outputs* são muito mais amplas e relacionadas à ação gerencial e aos objetivos sociais das empresas.

Quanto ao modelo a ser adotado, a opção será pelo DEA-BCC, em virtude desse modelo ser mais robusto e geral. Tal escolha é devida à sua melhor adequação ao setor estudado, uma vez que não existem razões para imaginar que o fenômeno de retornos de escala constante (CRS) esteja presente nesta situação. Além do mais, é impossível negar a existência de diversos fatores que podem influenciar a operação das empresas de diferentes portes, como as diferentes topografias, a densidade da população ao longo da rede de distribuição, a qualidade da água captada e as distâncias dos mananciais, por exemplo. A maior rigidez do modelo com retornos de escala constantes poderia classificar como ineficientes empresas de grande, ou de pequeno porte, apenas devido à sua escala.

Ramos et al. (2002) interpretaram de forma semelhante essa questão do retorno de escala variável, lembrando que a heterogeneidade do tamanho das companhias e a utilização de tecnologias com maior ou menor intensidade indicam como mais adequado o modelo BCC.

Numa tentativa de verificar a existência de retornos constantes, utilizou-se uma função do tipo Cobb-Douglas invertida (um único *input* e vários *outputs*) como função de custo, onde a soma dos coeficientes foi maior do que um, quando feita uma regressão múltipla dos dados transformados logaritmicamente. Tal procedimento foi usado por Thanassoulis (2000a) para testar a hipótese de retornos de escala constantes. A Tabela 6 apresenta esses resultados.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	4,316442037	0,8636667	4,99781	4,526E-06	2,592077	6,040808
Volume Água Consumido 1000m3/ano	0,524187595	0,15846349	3,3079393	0,0015242	0,207805	0,840570
Extensão Rede de Água Km	-0,210677706	0,1953458	-1,07849	0,2847428	-0,600699	0,179343
Qtde de Ligs Ativas de Água	0,760817248	0,21712512	3,5040499	0,0008282	0,327313	1,19432
Qtde de Ligs Ativas de Esgoto	0,005626359	0,05204595	0,1081037	0,9142414	-0,098287	0,109539
1,079953496 = soma dos coeficientes						

Tabela 6 - Regressão Múltipla dos Dados Transformados para Ln

O fato da soma desses coeficientes ser significativamente maior do que um seria uma indicação da deseconomia de escala. Dos coeficientes de regressão, apenas Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto e Extensão da Rede não são altamente significativos. Retirando-se o *output* Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto, a significância do coeficiente de Extensão da Rede melhora, passando para 0,22, indicando uma soma de coeficientes significativamente maior do que um.

Assim, além das considerações teóricas, a análise dos dados não apresentou evidências que indicassem a existência de retornos constantes de escala.

Este modelo, apesar de ter uma capacidade discriminatória menor, aparenta ser mais próximo das situações reais vividas pelas empresas em seu dia-a-dia. O DEA-BCC leva em conta que a ocorrência de um acréscimo nos *inputs* poderá provocar um acréscimo não obrigatoriamente proporcional nos *outputs*.

Para oferecer ao leitor uma visão das diferenças dos resultados, o *ranking* de eficiência para o modelo DEA-CCR, onde assumem-se retornos de escala constantes, é apresentado no Apêndice IV.

Em seguida será apresentada a análise completa utilizando o modelo BCC.

- Análise do Caso das 71 Empresas Seleccionadas

O Quadro 05 apresenta os resultados do modelo gerado, com os índices de eficiência e a posição em ordem decrescente, para o grupo de 71 empresas, sendo 22 de atuação regional e 49 de atuação local, e 05 variáveis. Cabe lembrar, mais uma vez, que o *ranking* não é uma medida absoluta e deve ser interpretado com cuidado. No caso em questão, modelo BCC orientado para *output*, o índice de eficiência pode ser visto como o percentual da eficiência da DMU em estudo, calculado com os pesos que lhe são mais favoráveis, em relação à maior eficiência que alguma DMU da amostra pode atingir com os mesmos pesos. É claro que quando os pesos mais favoráveis para uma DMU a tornam mais eficiente do que as demais o índice se torna 100%.

Portanto, o *ranking* é apenas uma indicação aproximada e não totalmente confiável, já que as eficiências são medidas com base em pesos diferentes atribuídos ao *input* e aos *outputs* de cada DMU.

Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.
1	C27	100,00	19	C15	77,66	37	C38	61,46	55	C23	49,68
1	C1	100,00	20	C59	77,46	38	C24	61,44	56	C64	49,08
1	C3	100,00	21	C26	75,17	39	C42	58,88	57	C51	48,57
1	C10	100,00	22	C9	75,11	40	C20	56,86	58	C55	48,42
1	C61	100,00	23	C21	74,38	41	C45	55,33	59	C66	47,92
1	C65	100,00	24	C5	73,81	42	C25	54,86	60	C17	47,23
1	C57	100,00	25	C12	73,32	43	C31	54,74	61	C44	47,01
1	C2	100,00	26	C68	73,12	44	C41	53,71	62	C60	46,72
1	C48	100,00	27	C16	72,77	45	C32	53,60	63	C33	46,34
1	C71	100,00	28	C18	71,10	46	C34	53,43	64	C39	43,77
1	C69	100,00	29	C28	70,78	47	C46	53,35	65	C36	43,15
12	C4	97,53	30	C29	70,30	48	C22	52,53	66	C49	42,84
13	C7	97,41	31	C37	67,05	49	C14	52,52	67	C63	40,98
14	C13	89,63	32	C40	62,73	50	C53	52,07	68	C54	40,11
15	C6	88,06	33	C52	62,68	51	C47	51,75	69	C67	39,12
16	C8	85,15	34	C30	62,60	52	C43	51,54	70	C62	34,64
17	C11	82,18	35	C70	62,24	53	C58	50,24	71	C35	33,35
18	C19	79,39	36	C50	61,85	54	C56	49,79			

Quadro 5 - Ranking de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output

Onde: Pos = posição, Cia = companhia, Efic. = percentual de eficiência.

O Gráfico 1, baseado no *ranking* de eficiências, apresenta a distribuição das 71 unidades avaliadas.

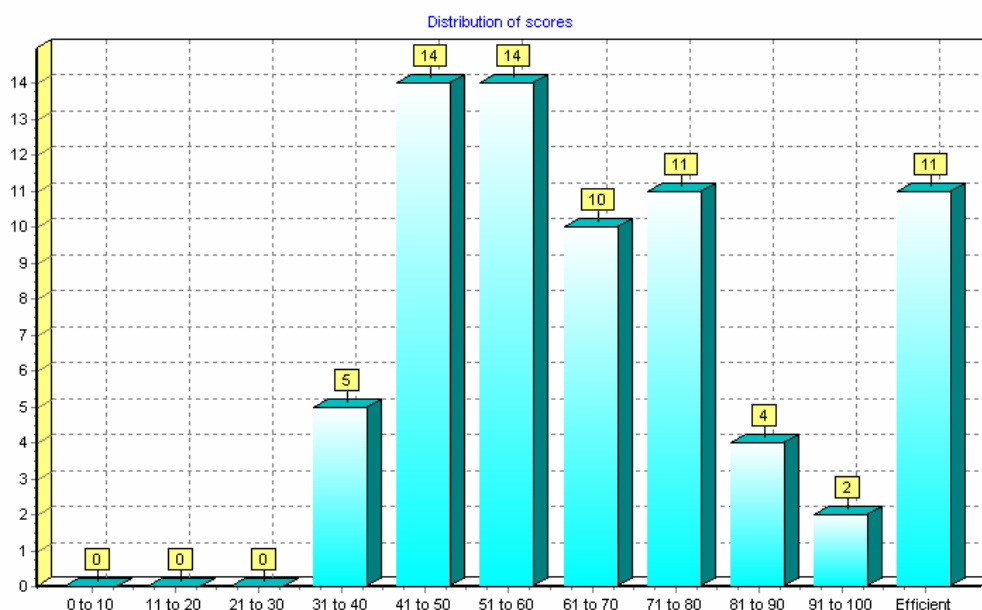


Gráfico 1 - Resultado de Eficiência

No Gráfico 1, observa-se que 11 unidades foram identificadas como eficientes, atingindo um índice de 100%, formando o conjunto de unidades que servem como referência para as empresas ineficientes. Deve-se ressaltar que 19 empresas ficaram com índice de eficiência menor ou igual a 50%, sendo que 05 destas ficaram abaixo dos 40%. Das 11 eficientes, apenas 4 são empresas regionais, sendo todas as outras de atuação apenas local.

Na Tabela 07 é possível ver a quantidade de vezes em que as unidades eficientes serviram como referência para as demais.

Companhia	Nº Vezes Referência	Companhia	Nº Vezes Referência
C27	61	C57	6
C01	22	C02	2
C03	20	C48	0
C10	18	C71	0
C61	16	C69	0
C65	16		

Tabela 7 - Frequência com que surgem as Unidades de Referência

Deve-se ressaltar que três empresas, C48, C69 e C71, apesar de eficientes, não foram modelo para nenhuma outra. Isso sugere que, apesar de eficientes, existem outros padrões a serem seguidos, capazes de gerar resultados melhores. Contrárias a isso estão as unidades que contribuem como referência para várias empresas, indicando que elas podem ser consideradas como bons exemplos de eficiência ao menos em um dos *outputs* considerados. No modelo desenvolvido, a companhia C27 foi apontada como modelo 61 vezes, ou seja, foi referência para

todas as não eficientes (e provavelmente por problemas de precisão numérica para uma eficiente), seguida por C1 e C3 com 22 e 20 contribuições, respectivamente.

O Gráfico 2 contém essa distribuição de frequência.

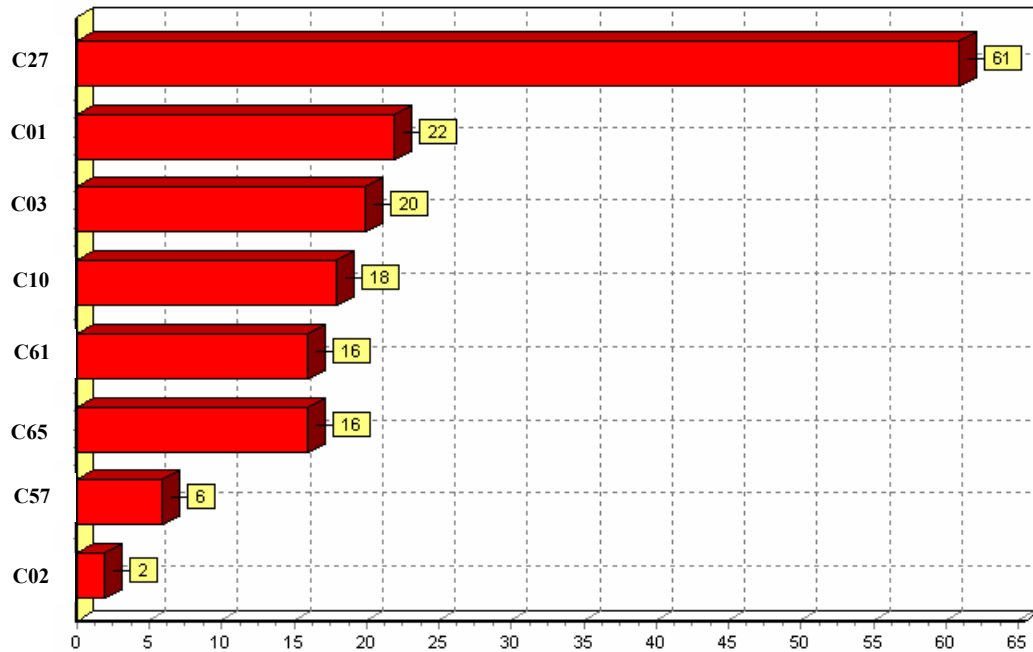


Gráfico 2 - Frequência das Unidades de Referência

A seguir são apresentadas, de forma resumida, as melhorias em cada um dos *outputs* que, isoladamente, seriam necessárias para que a DMU se tornasse eficiente. Para um entendimento preciso sobre o significado dessa melhorias necessárias, ver Charnes et al. (1994).

Output Volume de Água Consumido

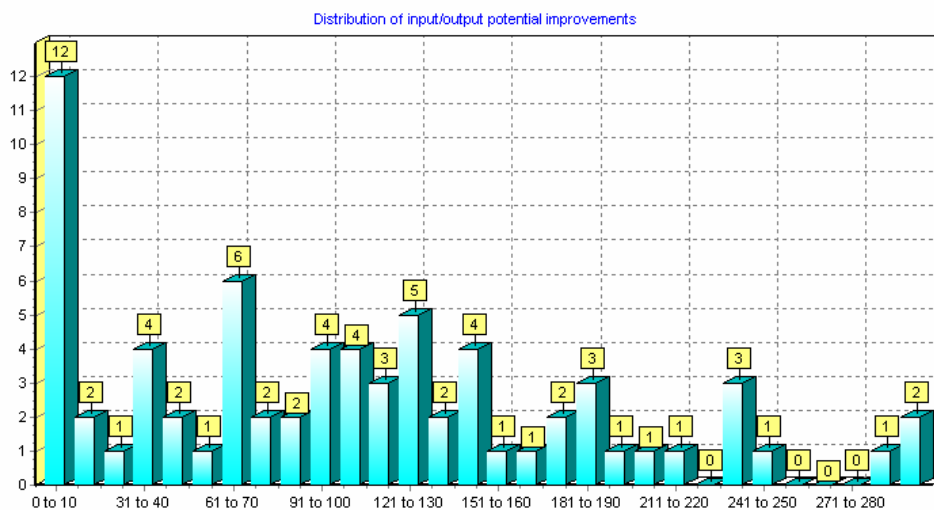


Gráfico 3 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Volume de Água Consumido

Há 12 empresas com percentual de melhoria abaixo de 10%. Deve-se destacar que as unidades que formam o conjunto de referência, 11 ao todo, estão inseridas neste grupo. Para a DMU desse grupo que é ineficiente, bastaria um aumento do Volume de Água Consumido não maior do que 10%, *ceteris paribus*, para que se tornasse eficiente, no sentido do modelo.

Chama a atenção, porém, o grande número de unidades que deveriam estar obtendo um volume consumido pelo menos 100% maior, ou seja, o dobro do que é consumido atualmente. São 35 DMU's ao todo, o que corresponde a quase 50% da amostra analisada. Como o Volume de Água Consumido é um produto de difícil expansão e, a partir de certo ponto, fora do alcance de medidas gerenciais, esse fato sugere que, para produzir o volume necessário, atualmente essas empresas estão gastando muito mais do que deveriam, indicando uma necessidade de revisão em suas despesas. Outra possível indicação é que existem outros aspectos muito pouco eficientes a ponto de não ser possível obter eficiência apenas com o aumento do volume de água consumido.

Ainda outra hipótese que pode ser feita é que essa discrepância de valores indicaria que há uma perda muito grande entre o que é produzido e o que é entregue e consumido pelos usuários, necessitando de ações corretivas para minimizar essa situação de perda. As despesas seriam justificadas pelo volume produzido, mas pelo volume que é realmente entregue haveria uma indicação de desperdício.

Alarmante é a posição das unidades C35, C44 e C62 que, supondo as demais condições iguais, deveriam obter um volume consumido cerca de 300% maior do que conseguem hoje, sinalizando que a DEX comparada com o volume consumido está alta ou que há perdas significativas no sistema. O índice de perdas na distribuição de C44 e C62 é de 52% e 56%, enquanto que o de C35 é de 36%, o que reforça uma das possibilidades apontadas.

Output Extensão da Rede de Água

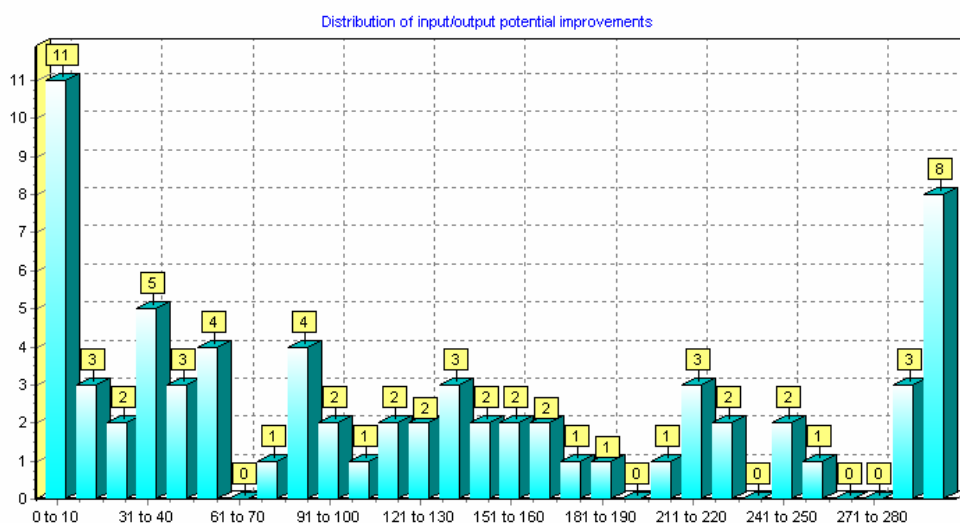


Gráfico 4 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Extensão da Rede de Água

As 11 unidades que apresentam percentuais de melhoria potencial até 10% correspondem àquelas que compõem o conjunto de referência e são, logicamente, 100% eficientes. Na análise do Gráfico 4 constata-se que oito empresas necessitariam de ampliar sua rede de distribuição de água em mais de 300%, indicando que elas deveriam quadruplicar a rede existente. Destas oito, três fazem parte dos dois últimos grupos para melhorias no *output* Volume de Água Consumido. Analisando a relação DEX por Extensão de Rede de Água (R\$/Km), em especial os valores para as eficientes e para as 8 piores, conclui-se que o valor médio das piores é 3 vezes maior do que para as eficientes.

Especificamente sobre a despesa de pessoal e a extensão das redes, as ineficientes gastam o dobro das eficientes com salário de pessoal por Km. A suposição de que a baixa densidade (razão entre ligações de água e extensão da rede) poderia justificar uma alta despesa de pessoal por Km não encontra fundamento, pois em média a densidade do grupo que apresentou a maior necessidade de expansão desse *output* é 25% maior do que a relativa ao grupo de referência.

Output Quantidade de Ligações Ativas de Água

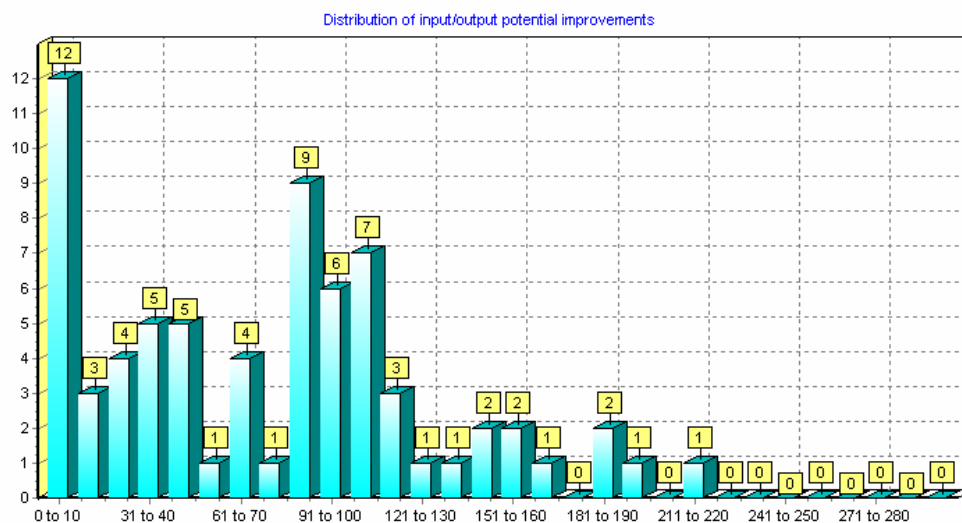


Gráfico 5 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Qtde de Ligações Ativas de Água

O índice de cobertura dos serviços de água tem sido ampliado, tendo sido contemplado nos últimos tempos com programas de financiamento para esse fim. Por isso, os resultados apontando potenciais melhorias no *output* Quantidade de Ligações Ativas de Água apresenta valores mais baixos do que para os dois *outputs* avaliados anteriormente. Deve-se esclarecer, mais uma vez, que os aumentos percentuais sugeridos não são viáveis, pois não existem condições para aumento superiores a 100% dada a finitude do universo em questão, ou seja, a população das cidades atendidas por essas empresas. Todavia, isso reforça que a estrutura existente com relação ao número de ligações de água não condiz com os valores da DEX atuais, ou seja, frente ao *input* a produção desse *output* deveria ser muito maior.

O destaque negativo fica para a DMU C50, aquela que mais necessitaria aumentar esse *output* para fazer frente ao *input* utilizado, com um percentual de 219%.

Output Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto

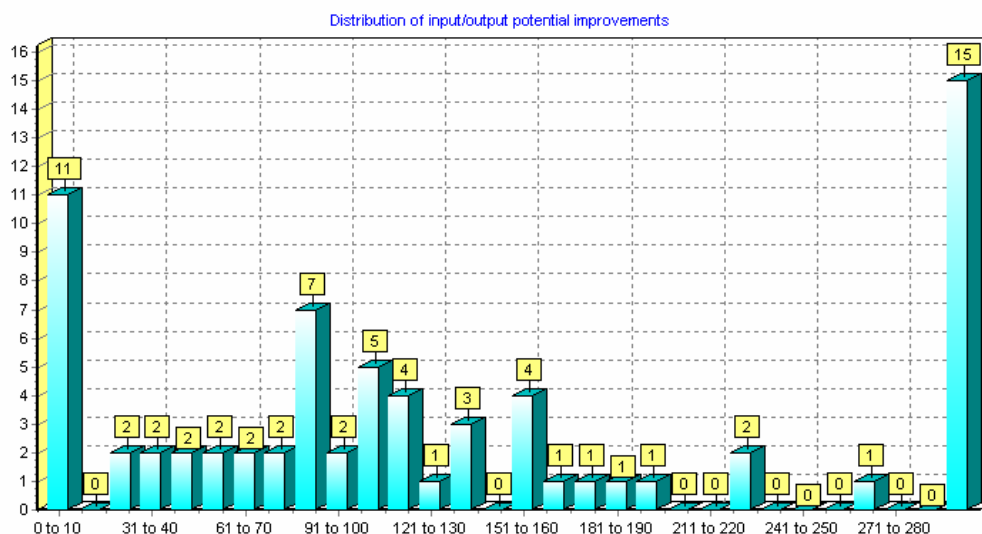


Gráfico 6 - Possibilidade de Melhoria (%) no Output Qtde de Ligações Ativas de Esgoto

Dentro das potenciais melhorias para os *outputs*, era esperado que esse caso realmente apresentasse os maiores percentuais de crescimento. É sabido da necessidade de ampliação dos serviços de esgoto, o que inclusive tem merecido atenção especial dos organismos governamentais no que diz respeito à concessão de financiamentos específicos para esse fim.

O número de unidades que deveriam ter ligações de esgoto em proporções acima de 100% da quantidade atual, para que se tornassem eficientes mantendo o restante igual, corresponde a 39 DMU's, englobando exatamente 55% da amostra analisada.

Um fato que chama atenção é que dentre as 15 piores empresas, ou seja, aquelas que mais necessitam ampliar a oferta desse produto, 10 são companhias regionais. O que contribui para explicar isso talvez seja o fato dessas empresas atenderem muitos municípios de pequeno e médio porte, sendo que na maioria das vezes essas companhias assumem a concessão apenas dos serviços de água, deixando o encargo da coleta e tratamento dos esgotos para as prefeituras. Como normalmente as administrações municipais têm pequena capacidade de investimento, começa a haver um descasamento entre as ligações de água, operadas pelas companhias regionais, e as ligações de esgoto, sob responsabilidade das prefeituras.

A empresa C40 é a pior dentre todas, apresentando a maior necessidade de melhorias para atingir a eficiência, fato corroborado pela razão ligações de esgoto

por ligações de água, sendo o valor obtido para essa relação 0,02 (uma ligação de esgoto para cada 50 ligações de água), o menor entre as 71 empresas, sendo a média 0,61.

Os resultados encontrados para os *outputs* apresentaram-se coerentes com o desempenho das empresas até então.

Não restam dúvidas que o fato de a DMU C27 ter sido referência para todas ineficientes (61 vezes), enquanto que a próxima, C01, foi referência apenas 22 vezes, surpreendeu. Mas uma análise em seus números dá prova de que ela realmente se destaca.

Para exemplificar, sua relação DEX por Extensão de Rede é de R\$5.600,00 para cada Km de rede, enquanto a média das 71 é R\$56.000,00/Km, discrepância suficiente para se duvidar dos dados, e a sua razão de ligações de esgoto por ligações de água é 0,98, sendo que a média do grupo é 0,61. Essa empresa, C27, apareceu em todos os casos, independente do modelo ou orientação adotado para cálculo, como eficiente. O *ranking* DEA-CCR, apresentado como ilustrativo no Apêndice IV, mostra a posição por ela alcançada.

- Análise Complementar Retirando uma DMU

Para verificar a influência da DMU C27 no conjunto eficiente, foi feita uma análise sem sua presença, reduzindo o conjunto de observações para 70 unidades.

Pode-se observar que o grupo de eficientes permaneceu com 11 unidades, sendo que a DMU C4, forte candidata a eficiente na primeira avaliação, agora conseguiu se juntar ao grupo principal. Analisando apenas o grupo eficiente no novo *ranking* gerado, não há evidências suficientes para confirmar ou refutar a influência da C27 sobre as demais, pois quando de sua ausência não há modificações significativas no conjunto eficiente, sendo que a unidade que ingressou já estava com o índice de eficiência próximo a 100%.

O Quadro 06 visto adiante apresenta o *ranking* para essa nova situação.

Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.
1	C71	100,00	19	C28	90,17	37	C46	75,28	55	C33	60,75
1	C4	100,00	20	C59	90,15	38	C31	74,77	56	C56	59,18
1	C10	100,00	21	C19	89,43	39	C12	74,65	57	C20	58,74
1	C65	100,00	22	C68	88,33	40	C18	74,48	58	C22	58,16
1	C2	100,00	23	C6	88,06	41	C32	73,84	59	C64	57,95
1	C48	100,00	24	C8	85,98	42	C5	73,81	60	C58	56,21
1	C69	100,00	25	C30	85,97	43	C24	73,46	61	C66	55,88
1	C61	100,00	26	C45	85,29	44	C47	72,64	62	C36	55,80
1	C1	100,00	27	C11	82,76	45	C60	71,97	63	C23	54,26
1	C3	100,00	28	C53	82,04	46	C44	71,52	64	C14	53,02
1	C57	100,00	29	C70	81,69	47	C52	70,70	65	C63	51,73
12	C37	98,69	30	C41	80,95	48	C50	70,40	66	C62	50,65
13	C29	97,79	31	C15	79,68	49	C51	68,38	67	C17	49,02
14	C7	97,41	32	C21	77,32	50	C55	67,49	68	C54	48,70
15	C13	97,37	33	C16	77,30	51	C49	64,78	69	C67	44,41
16	C26	96,78	34	C43	76,71	52	C25	64,00	70	C35	41,26
17	C38	93,44	35	C42	75,79	53	C34	63,32			
18	C40	90,31	36	C9	75,71	54	C39	63,07			

Quadro 6 - Ranking de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output sem a DMU C27

Onde: Pos = posição, Cia = companhia, Efic. = percentual de eficiência.

O Gráfico 7 apresenta a distribuição dos índices para essa nova avaliação.

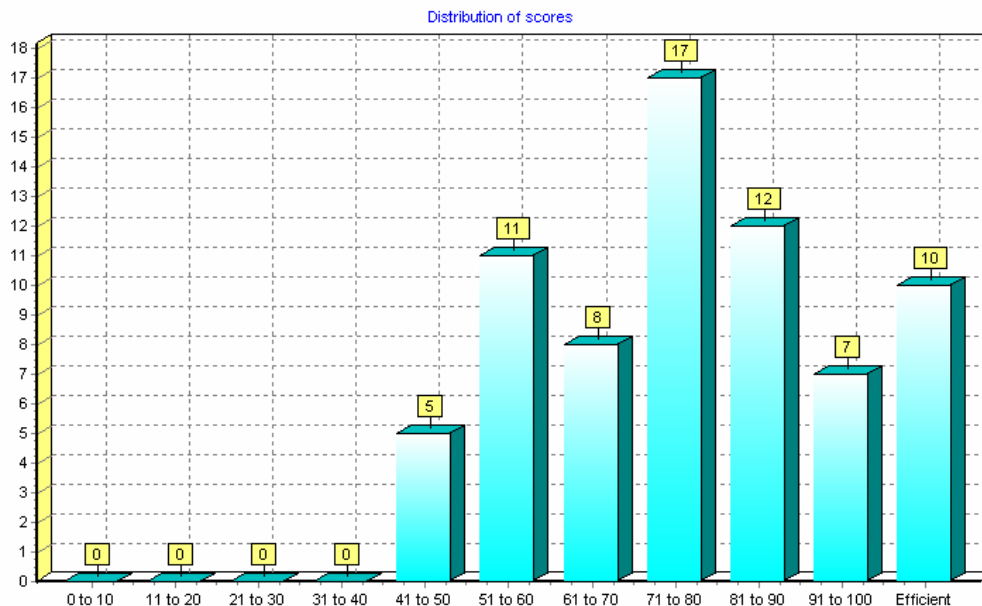


Gráfico 7 - Resultado de Eficiência sem a DMU C27

Outra modificação que acontece, além da ocorrida no grupo eficiente, é com relação ao número de vezes em que as unidades eficientes aparecem como referência para as demais.

É possível constatar, pelo Gráfico 8, que as DMU's C48, C03 e C57 passaram a ser as maiores com relação a frequência em que surgem como referência, aparecendo 45, 38 e 25 vezes, respectivamente. Pode-se constatar que em especial C48 e C57 dão um salto significativo, sendo que C48 não era referência, apesar de eficiente, e agora o é 45 vezes, e C57, que o era apenas seis vezes, agora aparece 25 vezes como referência.

No outro extremo do quadro é possível verificar que, numa comparação entre as últimas 10 posições com a presença da DMU C27 e sem a presença dela, seis DMU's são as mesmas nas duas situações.

Aqui, a unidade C71, apesar de eficiente, não é referência para nenhuma outra, como também não era quando da avaliação da eficiência com a presença de C27.

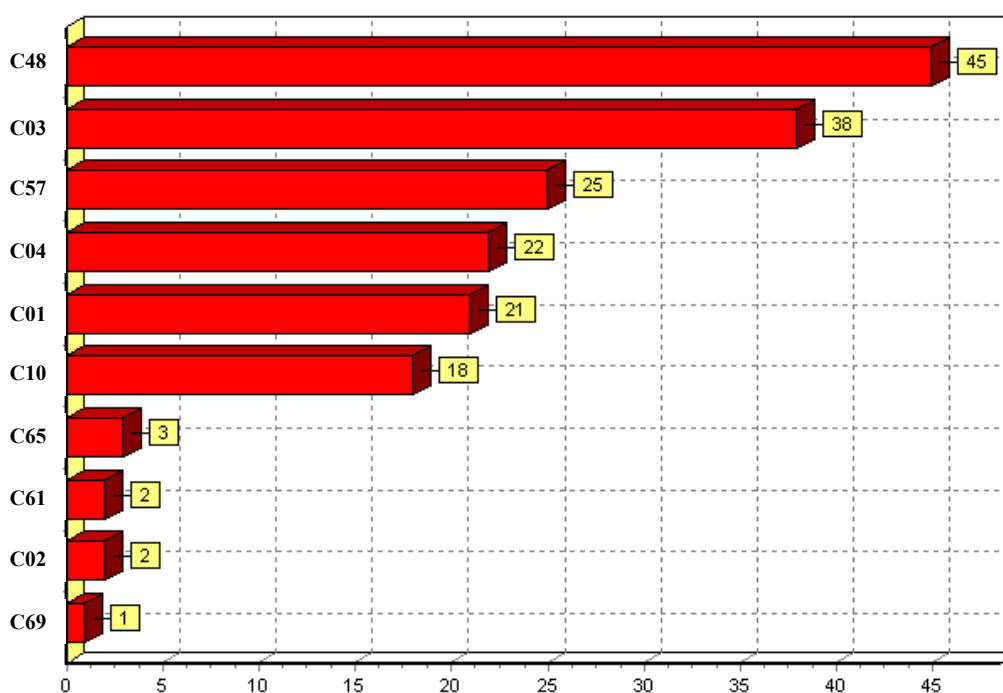


Gráfico 8 - Frequência das Unidades de Referência sem a DMU C27

Ainda analisando a retirada da DMU C27, é possível verificar que isso altera não só o grupo de eficientes, passando ele a incluir C4, mantendo as outras mesmas 10 unidades mas, também, como era esperado, aumenta o índice de eficiência de algumas unidades ineficientes, modificando a ordenação de todo o grupo. Quantificando tais alterações: 95% das DMU's trocam de posição. O

Gráfico 9 apresentado adiante permite verificar claramente as alterações ocorridas.

Analisando a correlação dos índices de eficiência com e sem a presença da DMU C27, considerando aqui apenas as 60 DMU's não eficientes quando da avaliação completa com 71 unidades, obtém-se 0,7994. Entretanto, essa correlação não é muito representativa, uma vez que a própria idéia de ordenação pelo índice de eficiência é discutível, para não falar no significado intervalar da escala dos índices que o conceito de correlação pressupõe. Considerando apenas o caráter ordinal dessa escala, obteve-se uma correlação de ordenação de Kendall (Myles & Wolfe, 1973) igual a 0,6215 e uma correlação de ordenação de Spearman (Myles & Wolfe, 1973) igual a 0,8950. Apesar dessas correlações serem altamente significativas face à hipótese nula de não-correlação, seus valores confirmam a impressão de alteração substancial deixada pelo Gráfico 9.

Os resultados dessas correlações comprovam, portanto, o impacto causado pela retirada de C27.

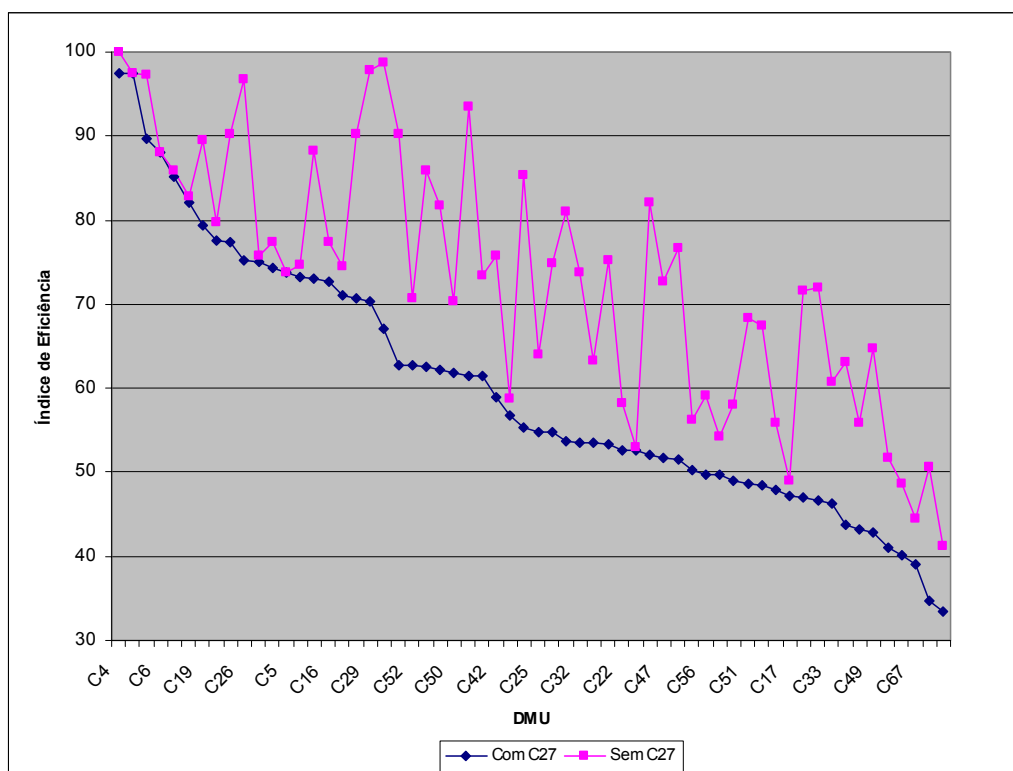


Gráfico 9 - Alterações nos Índices de Eficiência sem a DMU C27

Uma alternativa para análise da robustez dos resultados foi explorada, desta vez excluindo do modelo a DMU C1, a segunda em número de referências,

com 22 aparições no conjunto completo, ao invés de C27. O Gráfico 10 mostra as alterações ocorridas.

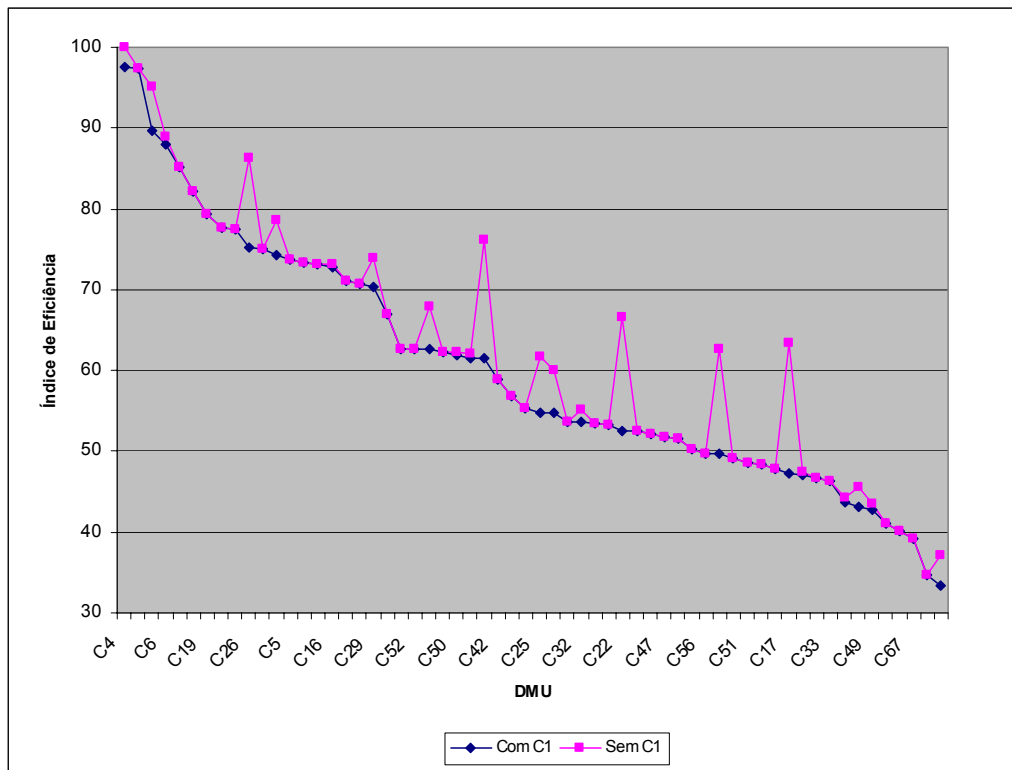


Gráfico 10 - Alterações nos Índices de Eficiência sem a DMU C1

Essa nova situação já não causa tantas modificações no ordenamento, uma vez que apenas 37% da amostra tem suas posições alteradas, em comparação com os 95% quando da exclusão de C27. A correlação entre os índices de eficiência com e sem a presença de C1 é igual a 0,9668 e as de ordenação de Spearman e de Kendall, respectivamente, 0,952 e 0,887, indicando uma proximidade muito maior entre as duas situações e demonstrando que a força de C1 para influenciar o ordenamento do grupo, como o número de vezes em que ela aparecia como referência já indicava, não é tão forte quanto a de C27.

Essas duas situações expostas anteriormente, com a exclusão alternada de C27 e em seguida de C1, buscaram avaliar como as demais unidades iriam se comportar e verificar qual grau de influência que essas unidades, indicadas como referência mais vezes para o grupo, exerceriam sobre as demais. Uma terceira situação, não apresentada aqui, diz respeito à retirada das DMU's C1 e C27 ao mesmo tempo. Quando isso ocorre, o resultado é muito próximo da situação em

que se retira apenas C27, apresentando alterações significativas no ordenamento das empresas.

Ficou claro que C27 afeta muito a ordenação das empresas, em que pese o grupo de eficientes sofrer apenas uma pequena alteração, mantendo-se inclusive com o mesmo número de unidades, 11 ao todo. Essa DMU deve ser estudada com mais profundidade, visando não só identificar os padrões que podem ser seguidos e difundidos entre as demais unidades, como também o que é muito importante, validar e verificar os dados por ela fornecidos.

É de extrema importância destacar que, como a eficiência aqui medida é relativa, se as informações a respeito de determinada DMU não forem verdadeiras, ou mesmo se os critérios adotados para o fornecimento das informações não tiverem sido respeitados por todas as empresas, pode-se estar indicando como eficiente um conjunto que na verdade não é. Por outro lado, as análises de sensibilidade realizadas neste trabalho indicam a robustez do modelo na identificação das empresas eficientes.

- Análise Complementar Retirando uma Variável

Quanto à variável Ligações Ativas de Esgoto, como citado anteriormente, sua inclusão no modelo foi feita com o intuito de valorizar as despesas relativas à coleta e tratamento de esgoto, incluídas na DEX, visto que o SNIS não separa as despesas de operação de água e esgoto.

Assim, as empresas que também prestam serviços relativos a esgoto não seriam tão prejudicadas quando da avaliação da eficiência. Isto posto, efetuou-se os cálculos para determinar a eficiência relativa dessas 71 empresas sem a variável relacionada às ligações de esgoto.

O Quadro 07 e o Gráfico 11 mostram os resultados desse outro enfoque.

Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.	Pos	Cia	Efic.
1	C27	100,00	19	C15	77,66	37	C70	55,56	55	C64	47,97
1	C10	100,00	20	C9	75,11	38	C45	54,88	56	C55	47,86
1	C61	100,00	21	C21	74,38	39	C25	54,86	57	C66	47,65
1	C3	100,00	22	C5	73,81	40	C30	53,88	58	C17	47,23
1	C1	100,00	23	C12	73,32	41	C34	53,43	59	C44	46,49
1	C57	100,00	24	C59	72,89	42	C46	53,35	60	C24	46,19
1	C2	100,00	25	C16	72,77	43	C41	52,84	61	C33	46,15
1	C71	100,00	26	C18	71,10	44	C14	52,52	62	C60	45,73
1	C48	100,00	27	C28	70,78	45	C38	52,34	63	C39	43,77
1	C69	100,00	28	C37	66,15	46	C47	51,75	64	C36	43,15
11	C4	97,53	29	C68	65,69	47	C43	51,54	65	C22	42,80
12	C7	97,41	30	C29	65,30	48	C31	51,33	66	C49	41,36
13	C65	94,73	31	C40	62,73	49	C32	51,32	67	C63	40,98
14	C13	89,63	32	C53	62,68	50	C53	50,91	68	C54	40,11
15	C6	88,06	33	C50	61,65	51	C58	50,24	69	C67	39,12
16	C8	85,15	34	C26	61,22	52	C56	49,79	70	C62	34,64
17	C11	82,18	35	C42	58,88	53	C23	49,68	71	C35	29,61
18	C19	79,39	36	C20	56,85	54	C51	48,46			

Quadro 7 - *Ranking* de Eficiência – DEA-BCC Orientação para Output sem a Variável Ligações Ativas de Esgoto

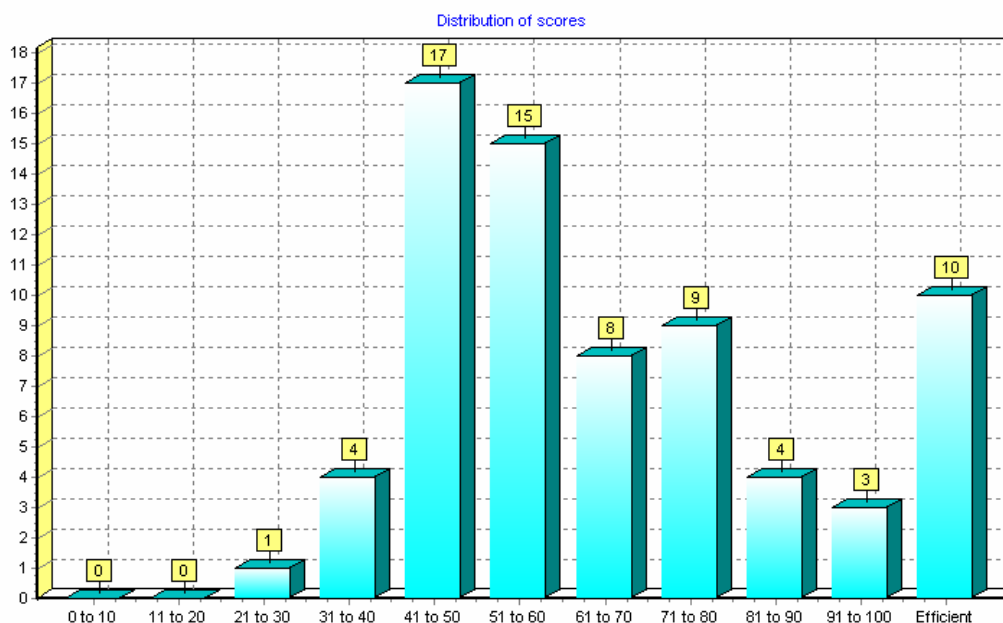


Gráfico 11 - Resultado de Eficiência sem a Variável Ligações Ativas de Esgoto

Como pode ser visto, a grande diferença entre a presença ou não da variável Ligações Ativas de Esgoto está na formação do conjunto final das companhias eficientes, uma vez que com um menor número de variáveis a possibilidade de ajustamento e equilíbrio das DMU's fica reduzida e o modelo com menos folga. Assim, o grupo de eficientes sofre uma pequena redução, passando de 11 para 10 empresas. Outro detalhe a ser observado é com relação às empresas com os menores índices de eficiência. Das 10 piores colocadas no *ranking* com quatro *outputs*, nove permanecem nesse mesmo último grupo, sendo

que as seis últimas colocadas são as mesmas em ambos os casos, sem alteração em suas posições.

Depreende-se então que o grupo das empresas eficientes permanece estável, apresentando poucas variações quando da retirada de alguma das variáveis definidas para o modelo, ou seja, quando é feita uma análise alternando entre os atuais *outputs* (tirando um e mantendo os demais).

- Análise Complementar Segundo a Área de Abrangência

Com objetivo de enriquecer a análise inicial, em seguida é apresentada uma visão comparativa da eficiência entre as 22 empresas regionais e outra com as 49 empresas locais, considerando-se as mesmas premissas do modelo DEA-BCC Output-Orientado utilizado com as 71 DMU's.

O Gráfico 12 apresenta a distribuição dos índices de eficiência obtidos para as DMU's de âmbito Regional.

REGIONAIS

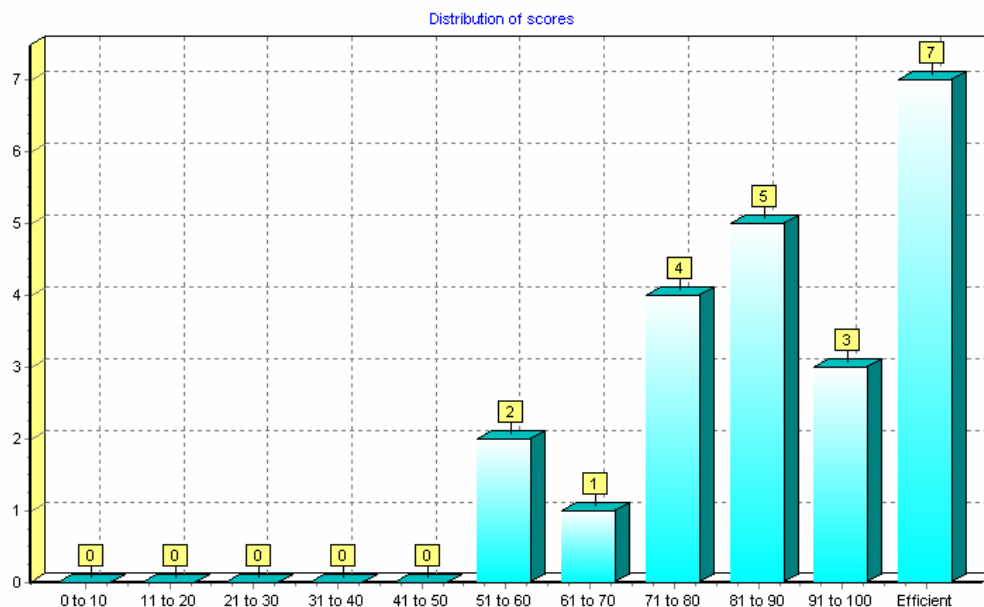


Gráfico 12 - Resultado de Eficiência para Empresas Regionais

O conjunto eficiente é formado pelas sete unidades C1, C2, C3, C10, C13, C43 e C54.

Deve-se destacar que as quatro DMU's C1, C2, C3 e C10 também estavam entre as eficientes quando da análise global envolvendo as 71 companhias, o que

reforça suas posições. Merece destaque nessa análise o fato de que nenhuma empresa regional obteve índice de eficiência menor do que 50%, sendo que 18 das 22, 80% delas, tiveram um índice maior ou igual a 71%.

Na outra extremidade, entre os piores resultados, só havia uma empresa regional localizada entre as 10 últimas, posicionada em 68º lugar e que, nessa nova classificação salta para o grupo das DMU's eficientes.

O Gráfico 13 mostra quem são os pares de referência e com qual frequência eles foram modelos para as DMU's ineficientes.

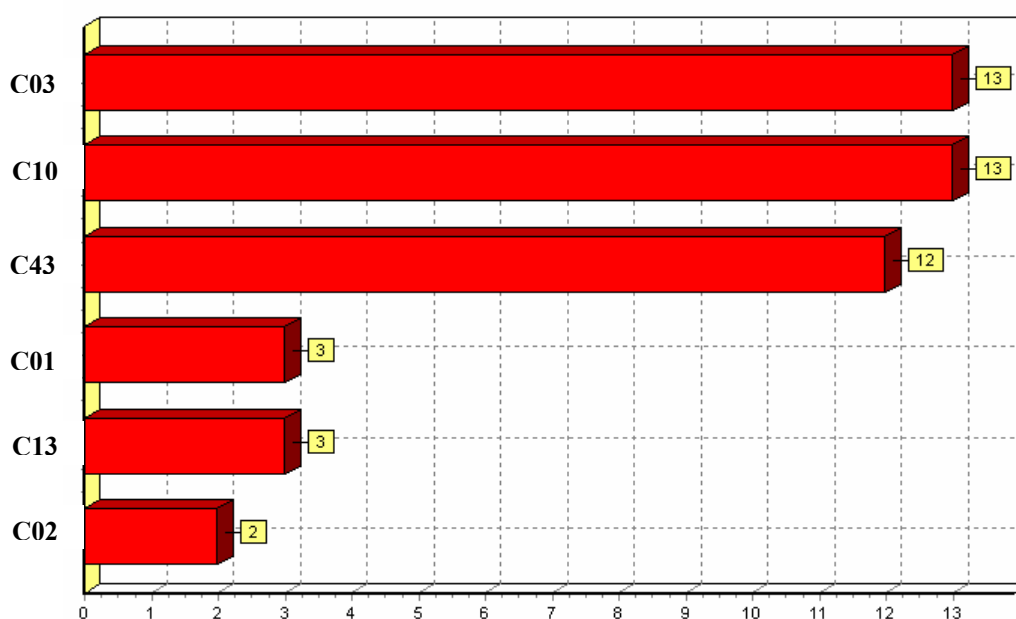


Gráfico 13 - Frequência das Unidades de Referência - Grupo Regional

Aqui a DMU C54, apesar de eficiente, não é referência para nenhuma outra. Já as unidades C03 e C10 foram referências para 13 das 15 ineficientes recebendo, portanto, destaque entre as eficientes, sendo seguidas de perto por C43.

LOCAIS (Direito Público e Privado)

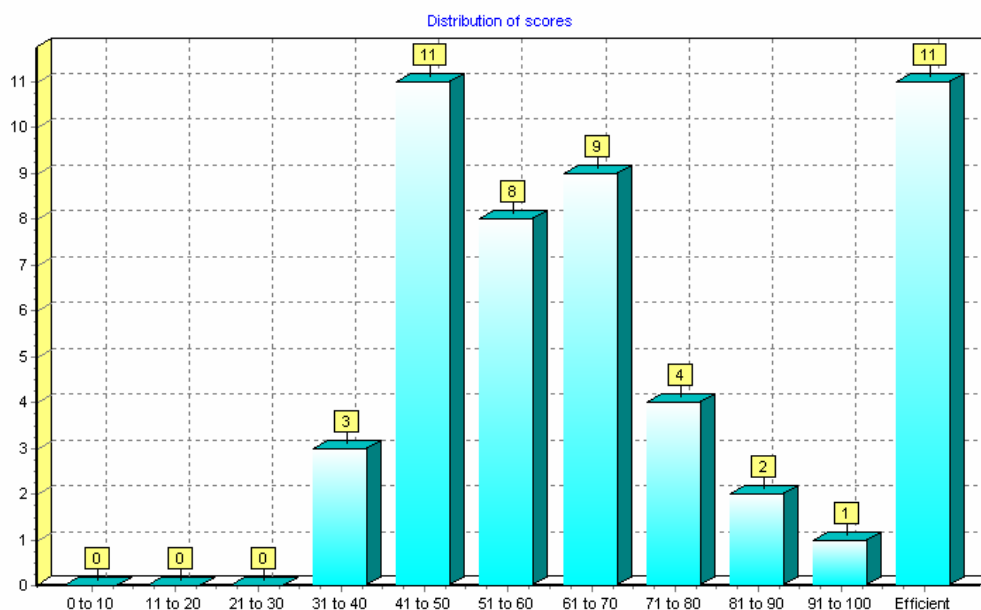


Gráfico 14 - Resultado de Eficiência para Empresas Locais

O Gráfico 14 apresenta a distribuição dos índices de eficiência obtidos para as DMU's de âmbito Regional.

Dentro do universo das 49 companhias locais, sejam elas de direito público ou privado, coincidentemente como no grupo original, foram identificadas 11 unidades que obtiveram 100% de eficiência. Sete dessas companhias locais encontram-se também dentro do grupo eficiente na análise das 71 DMU's. Não é surpresa que entre o grupo das 11 companhias locais eficientes as DMU's C27, C61 e C65 estejam presentes novamente.

O Gráfico 15 mostra quem são os pares de referência e com qual frequência eles foram modelos para as DMU's ineficientes.

Era de se esperar que C27 fosse novamente referência para muitas das unidades ineficientes, como ocorrido na avaliação da eficiência das 71 empresas. Aqui neste caso ela foi par de 37 entre 49 DMU's avaliadas. Pelo mesmo motivo C61 e C65, ambas referenciadas 16 vezes no grupo completo, não é surpresa manterem-se como muito referenciadas.

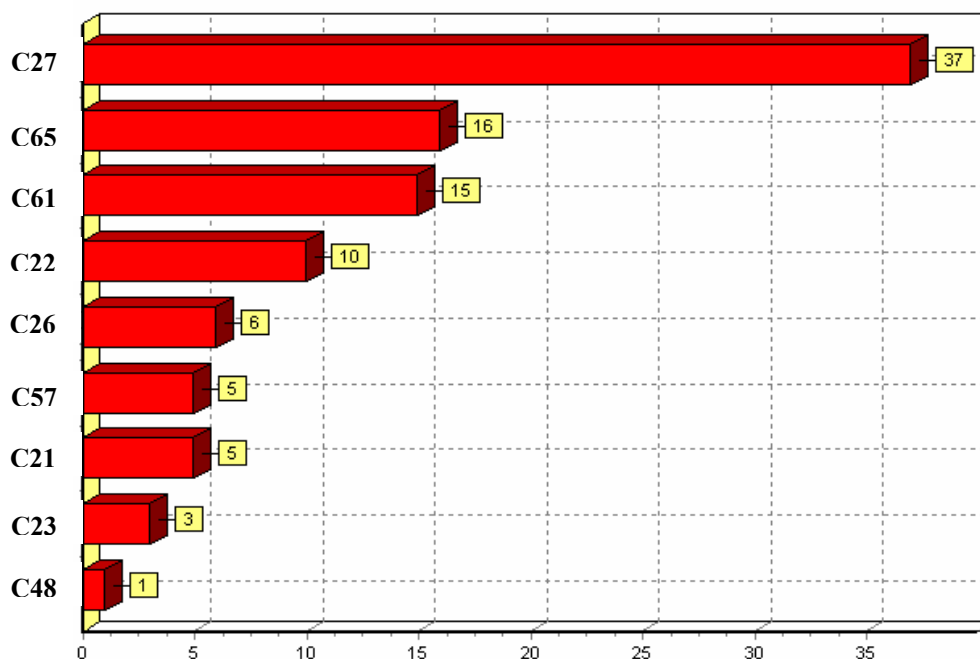


Gráfico 15 - Frequência das Unidades de Referência - Grupo Local

Já C71 e C69, apesar de apresentarem 100% de eficiência, não são modelos para nenhuma das demais.

Essa análise complementar teve como motivação principal a busca de uma comprovação da eficiência identificada no grupo principal.

Foi possível constatar que as 11 unidades eficientes, C27, C1, C3, C10, C61, C65, C57, C2, C48, C71 e C69, também estão no grupo das melhores quando analisadas em separado as empresas regionais e as empresas locais.