



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciências da Informação e Documentação

RODRIGO FABIANO COPPI

**EFICIÊNCIA DO ENSINO FUNDAMENTAL ESTADUAL, NA  
MICRORREGIÃO DE SÃO CARLOS – SP, A PARTIR DO  
MÉTODO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Brasília – DF  
Dezembro / 2009

Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciências da Informação e Documentação

**EFICIÊNCIA DO ENSINO FUNDAMENTAL ESTADUAL, NA  
MICRORREGIÃO DE SÃO CARLOS – SP, A PARTIR DO  
MÉTODO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Administração  
como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Administração.

Professor Orientador: PhD, Carlos Rosano Peña

Brasília – DF  
Dezembro / 2009

Coppi, Rodrigo Fabiano.

Eficiência do Ensino Fundamental Estadual, na Microrregião de São Carlos - SP, a partir do Método Análise Envoltória de Dados (DEA) / Rodrigo Fabiano Coppi. – Brasília, 2009. 65 p.: il.

Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Administração, 2009.

Orientador: Prof. PhD. Carlos Rosano Peña, Departamento de Administração.

1. Eficiência. 2. Ensino Fundamental Estadual. 3. Análise Envoltória de Dados. I. Título.

Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciências da Informação e Documentação

**EFICIÊNCIA DO ENSINO FUNDAMENTAL ESTADUAL, NA  
MICRORREGIÃO DE SÃO CARLOS – SP, A PARTIR DO  
MÉTODO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)**

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de  
Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do  
aluno

**Rodrigo Fabiano Coppi**

PhD, Carlos Rosano Peña  
Professor-Orientador

Msc. Domingos Spezia  
Professor-Examinador

Dr, José Márcio Carvalho  
Professor-Examinador

Brasília, 18 de Dezembro de 2009

Esse trabalho de conclusão de curso é dedicado a toda minha família que esteve sempre ao meu lado provendo todo o suporte e apoio necessários ao longo da minha vida. Em especial, à “titia” Sonia, principal artífice dessa jornada, pelos incontáveis e imensuráveis esforços empreendidos no sentido de proporcionar a mim novos horizontes e experiências e ao “Rafinha”, meu irmão querido, pela lealdade, doação, companheirismo, cumplicidade, amor e muita paciência sem o qual minha vida não teria o mesmo brilho e significado. Dedico aos meus amigos de sempre da periferia de São Carlos junto dos quais construí parte do que hoje sou, aos meus companheiros de curso pelo apoio dado ao longo de nossa caminhada conjunta, aos meus grandes amigos da Casa do Estudante com quem passei bons e intensos momentos e sem os quais minha vivência, certamente, teria sido menos completa. Às pessoas que me receberam com carinho e afeto, em seus lares, sem sequer me conhecer, dando-me palavras de incentivo e votos de confiança, em especial, D. Marta e D. Ellen. Finalmente, ao meu querido DEUS e a todos os orixás por terem me conduzido ileso e forte pelas veredas da vida não permitindo que mal algum me ocorresse. Texto das dedicatórias.

Agradeço a todos os professores, grandes mestres com os quais pude desenvolver minhas potencialidades desde os tenros anos, em especial ao professor Carlos Rosano Peña pelo voto de confiança dado a mim e por todo o apoio e atenção necessários para a consecução do presente trabalho. Meus sinceros agradecimentos a todos os funcionários da universidade sem os quais tudo seria quase impossível, em especial, ao pessoal da DDS por sempre me atender de forma amistosa, cordial e fraterna, dando-me todo o suporte indispensável para a permanência na UnB e, conseqüentemente, para a conclusão do curso. Texto de agradecimentos. Texto de agradecimentos.

“É provavelmente por um efeito de inércia cultural que continuamos tomando o sistema escolar como um fator de mobilidade social, segundo a ideologia da “escola libertadora”, quando, ao contrário, tudo tende a mostrar que ele é um dos fatores mais eficazes de conservação social, pois fornece a aparência de legitimidade às desigualdades sociais, e sanciona a herança cultural e o dom social tratado como dom natural”.

(Pierre Bourdieu)

## RESUMO

O presente estudo tem por finalidade apresentar a contribuição da Análise Envoltória de Dados (DEA) no processo de determinação dos níveis de eficiência das unidades escolares de ensino fundamental que compõem a rede pública estadual na microrregião de São Carlos, SP. Trata-se de uma técnica de apoio à decisão de natureza multicritério que possibilita uma abordagem mais completa acerca da complexidade de unidades produtivas de natureza pública, tais como, as instituições de ensino fundamental. Outra característica do modelo Análise Envoltória de Dados diz respeito à sua capacidade de identificação de folgas e ociosidades tanto nos níveis de recursos disponíveis (*inputs*) quanto nos de produtos gerados (*outputs*), contribuindo, desse modo, para a formulação de políticas de redução de custos as quais podem ser associadas a processos de expansão que aperfeiçoem o potencial de crescimento e o porte ideal das unidades. Para a consecução dos objetivos estabelecidos no estudo, foram aplicados dois modelos da técnica DEA. Os modelos, em seus processos de aferição dos níveis de eficiência de unidades produtivas, empregam conceitos e métodos distintos e possuem capacidades interpretativas variadas. Os modelos DEA utilizados no presente estudo são: o CCR-OO e o BCC-OO. A diferença básica entre os modelos apresentados reside no fato de que estes operam com retornos de escala distintos, isto é, retornos constantes e variáveis de escala, respectivamente. No entanto, as formas de projeção das unidades ineficientes na fronteira eficiente estimada por ambos os modelos estão orientadas à maximização dos níveis dos *outputs* gerados pelas unidades produtivas (DMU) analisadas a partir da manutenção dos níveis dos *inputs* disponíveis em cada processo. A aplicação do modelo CCR-OO permite observar que dentre as 26 unidades escolares, cinco são eficientes, ou seja, 19,23% do total analisado. Para o modelo BCC-OO, sete unidades escolares são eficientes, as quais representam cerca de 27% do total das DMUs avaliadas. Conclui-se a partir da aplicação da técnica DEA que maiores volumes de recursos destinados ao financiamento da educação nem sempre se refletem em qualidade na prestação desse serviço por parte do setor público. Portanto, mesmo sendo óbvia a correlação positiva entre a disponibilidade de recursos e os resultados obtidos pelo sistema educacional, tal relação se torna contraditória quando há indícios de ineficiência. Portanto, a alocação de maiores quantidades de fatores de produção, quando não solucionados os pontos de ineficiência das instituições de ensino, não asseguram a otimização dos resultados, isto é, maiores quantidades de recursos destinados às unidades eficientes quase sempre se traduzem em subutilização e desperdícios.

1. Eficiência

2. DEA

3. Unidades Escolares

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Fronteira Eficiente Orientação ao Output. ....	30
---	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Resumo das conclusões da aplicação dos modelos DEA:.....	53
--	----

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Escores de Eficiência de Escala .....	52
Gráfico 2 – Dimensionamento das Estruturas das DMUs.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das variáveis input/output para as DMUs componentes da amostra da pesquisa: .....	37
Tabela 2 – Escores de Eficiência das DMUs para o modelo CCR-OO: .....	40
Tabela 3 – Classificação das DMUs por nível decrescente de eficiência para o modelo CCR-OO: .....	41
Tabela 4 – Folgas nos níveis das variáveis das DMUs do conjunto ineficiente para o modelo CCR-OO: .....	42
Tabela 5 – Benchmarks das DMUs ineficientes para o modelo CCR-OO:.....	44
Tabela 6 – Metas para os inputs e outputs das DMUs do conjunto ineficiente para o modelo CCR-OO: .....	45
Tabela 7 – Escores de Eficiência das DMUs para o modelo BCC-OO: .....	46
Tabela 8 – Classificação das DMUs por nível decrescente de eficiência para o modelo BCC-OO: .....	47
Tabela 9 – Benchmark das DMUs ineficientes para o modelo BCC-OO: .....	48
Tabela 10 – Folgas nos níveis das variáveis das DMUs do conjunto ineficiente para o modelo BCC-OO: .....	49
Tabela 11 – Metas para os inputs e outputs das DMUs do conjunto ineficiente para o modelo BCC-OO: .....	50

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BCC-OO – Modelo DEA com orientação ao output que opera com retornos variáveis de escala

CCR-OO – Modelo DEA com orientação ao output que opera com retornos constantes de escala

CRS – Retornos Constantes de Escala

DEA – Análise Envoltória de Dados

DMU – Unidades Tomadoras de Decisão / Unidades de Produção

EMS - Sistema de Mensuração de Eficiência

FUNDEB – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDESP – Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IO – Orientado ao Input

LBD – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MEC – Ministério da Educação

OO – Orientado ao Output

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNE – Plano Nacional da Educação

PPL – Problema de Programação Linear

SARESP- Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

SEE – SP – Secretaria de Estado da Educação de São Paulo

UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos

USP – Universidade de São Paulo

VRS – Retornos Variáveis de Escala

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Contextualização do Assunto .....	16
1.2	Formulação do problema .....	18
1.3	Objetivo Geral .....	19
1.4	Objetivos Específicos .....	20
1.5	Justificativa.....	20
1.6	Métodos e Técnicas de Pesquisa: .....	21
1.7	Estrutura e Organização da Monografia.....	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
2.1	Análise de Eficiência a partir do Método DEA.....	25
2.1.1	Modelo CCR-OO.....	28
2.1.2	Modelo BCC-OO.....	31
3	MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA .....	33
3.1	Tipo e descrição geral da pesquisa .....	34
3.2	Caracterização da organização, setor ou área.....	35
3.3	População e amostra .....	37
3.4	Caracterização dos instrumentos de pesquisa.....	38
3.5	Procedimentos de coleta e de análise de dados .....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	54
5.1	Conclusões Gerais .....	54
5.2	Recomendações de Políticas Públicas .....	57
5.3	Sugestões de Pesquisa .....	57
	REFERÊNCIAS .....	58
	GLOSSÁRIO.....	62

APÊNDICES .....	63
Apêndice A – Resultados Modelo CCR-OO .....	63
Apêndice B – Resultados Modelo BCC-OO .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A incoerência institucional das políticas públicas e a escassez de investimento no desenvolvimento do capital humano são vistas como os principais fatores do atual atraso da educação pública no Brasil. Na década de 1970, os brasileiros com mais de 10 anos freqüentavam a escola, em média, por apenas 2,4 anos. Em 2005, o índice de escolaridade média atingiu o patamar de 6,8 anos. O atraso do sistema educacional público brasileiro torna-se mais evidente quando comparado ao de países desenvolvidos da Europa e América do Norte nos quais o índice de escolaridade média é de 12 anos. A redução, ao longo da década de 1990, das taxas de repetência e de evasão escola é incontestável, todavia a defasagem idade/série ainda apresenta números elevados.

O grande desafio a ser superado pelas autoridades públicas é, sem dúvida alguma, a falta de qualidade do ensino público oferecido. Os resultados obtidos nas avaliações nacionais e internacionais apontam a necessidade da implementação imediata de um processo categórico de reestruturação do ensino ofertado pelas instituições públicas de ensino, sobretudo, na educação básica, como forma de se assegurar futuramente as condições indispensáveis para o desenvolvimento econômico e social da nação brasileira no contexto da globalização dos mercados a qual está pautada no uso intensivo de alta tecnologia e no investimento em capital humano como elementos indispensáveis à geração de vantagens competitivas. Portanto, não há alternativas à educação de qualidade.

A partir de 2001, observa-se, novamente, o aumento nos índices de evasão escolar que resulta na diminuição do número dos concluintes dos ensinos fundamental e médio significando que a tendência de progressiva incorporação de alunos na idade correta, entre 1992 e 2001, dá sinais de esgotamento e está se revertendo. Segundo dados do IBGE, em 2005, 97% das crianças de 7 a 14 anos foram matriculadas no ensino fundamental, mas só 41% dos jovens de 15 anos o concluíram e 34% dos alunos com 10 anos de idade têm atraso escolar, subindo para 55% aos 14 anos. O atraso escolar e a repetência começam cedo e aumentam com a idade, levando ao abandono antes mesmo da conclusão do Fundamental. A PNAD 2005 traz uma péssima notícia: 18% dos jovens de 15 a 17 anos estão fora da escola sem completar o ensino fundamental. Apenas 70% dos jovens chegam ao término da oitava série.

È tido como um consenso o fato de que mudanças profundas na qualidade da educação dependem de professores bem qualificados e motivados. Atualmente um dos maiores problemas das redes públicas é o absenteísmo dos professores, a falta de incentivos à carreira e o excesso de licenças médicas. O Ensino Fundamental, que possuía apenas 41% dos professores com nível superior completo em 1995, atualmente, conta com cerca de 70%. Além do déficit de professores em algumas áreas, as avaliações apontam deficiências na formação inicial dos professores, fato que se comprova através dos concursos públicos realizados em vários Estados e municípios, nos quais uma parcela considerável dos candidatos sequer atinge a pontuação mínima.

A desarticulação operacional e organizacional do ensino fundamental, cuja oferta é compartilhada por Estados e municípios, contribui para a redução de seu índice de eficiência. Nesse sentido, a integração das ações poderia contribuir para o melhor uso dos espaços disponíveis e até mesmo assegurar maior permanência dos alunos. Outra dificuldade constatada diz respeito à inexistência de uma base curricular comum entre as instituições de ensino das redes estadual e municipal o que em muitos casos gera prejuízos aos estudantes que iniciam os estudos em escolas municipais e nas séries finais, geralmente ofertadas pelo Estado. No entanto, um dos principais entraves à melhoria na prestação dos serviços educacionais pelo aparato público é a ausência de profissionalismo de gestão muitas vezes agravado por pressões políticas, empreguismo e ingerência direta nas escolas. Certamente, a gestão de recursos humanos e o superdimensionamento das estruturas são os grandes problemas enfrentados pelas secretarias, faltando capacitação para gerir organizações tão complexas e orçamentos vultosos.

Num sistema de ensino com alta rotatividade de professores e diretores torna-se praticamente inviável desenvolver um projeto pedagógico de qualidade. Além da descontinuidade, torna-se difícil construir laços de coesão e de identidade entre os membros da equipe da escola. A escola pública de qualidade requer, portanto, um elevado grau de comprometimento do corpo docente em relação à aprendizagem dos alunos, uma equipe motivada e integrada e com forte articulação com a comunidade. Para melhorar a qualidade, também é preciso que a escola conheça e entenda o sentido pedagógico das avaliações de modo a usar os resultados obtidos para melhorar o trabalho em sala de aula e garantir a efetiva aprendizagem.

O principal desafio, portanto, é definir ações efetivas voltadas à maximização dos índices relativos à qualidade do ensino público na tentativa de se alcançar, em um futuro

próximo, os índices observados, hoje, em países considerados referência quando o assunto trata de investimentos e resultados obtidos na área educacional, como são os casos de Coréia do Sul e Finlândia. Mudanças significativas na legislação brasileira apresentaram como resultado positivo a criação de instrumentos legais os quais asseguram, atualmente, um maior fluxo de recursos destinados ao financiamento da educação pública cujo intuito principal é elevar o nível de qualidade do ensino ofertado e, conseqüentemente, o desempenho dos estudantes da rede pública. Nesse sentido, percebe-se o estabelecimento de metas de desempenho, como instrumento indicativo da qualidade, para a educação brasileira pelos órgãos responsáveis pela gestão de tal serviço tanto na esfera federal como na estadual, em contrapartida aos recursos investidos.

Com base nas observações feitas por Araújo, C. (2008), podem ser citados como exemplos de tais instrumentos legais a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o Plano Nacional da Educação (PNE) e o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (FUNDEB). Certamente que grandes avanços podem ser constatados em diversas regiões não estando estes ligados apenas à maior disponibilidade de recursos destinados ao financiamento da educação, mas também ao maior envolvimento das comunidades locais com as questões relativas à transformação da realidade da educação pública em nosso país.

Freqüentemente, são veiculadas as experiências em que a participação voluntária dos docentes aliada ao engajamento das comunidades com as questões ligadas à gestão das instituições de ensino locais, visando à construção de um ambiente de aprendizagem diferenciado e de qualidade, acabam por gerar o estabelecimento de uma nova perspectiva para os estudantes acerca da importante função social desempenhada pela escola não apenas como um instrumento disseminador do conhecimento, mas, sobretudo, como um dos agentes formadores das bases para o exercício pleno da cidadania.

De um lado a escassez dos recursos disponíveis pelo Estado. De outro a demanda crescente por investimentos na área educacional, como fator primordial para construção de uma base social sólida que viabilize, futuramente, o desenvolvimento econômico da nação brasileira, têm exigido cada vez mais dos gestores públicos a capacidade de definição das melhores práticas gerenciais tendo em vista a necessidade de otimização dos resultados obtidos nos processos decisórios, sejam estes no âmbito federal, estadual ou municipal.

Sabe-se que a eficiência é vista como um importante indicador da qualidade dos diversos sistemas existentes. No entanto, os processos de avaliação e de otimização da eficiência, sobretudo, de sistemas complexos não são triviais e possuem certas

especificidades. Dependem, portanto, do nível de complexidade apresentada pelos processos internos, do conteúdo implícito em cada um dos elementos envolvidos e da capacidade de dimensionar e de modelar os procedimentos. A dimensão complexa atribuída ao Estado pode ser explicada, entre outros fatores, pela multiplicidade das funções por ele desempenhadas, em suas diversas áreas de atuação, e também pela própria especificidade de seu processo produtivo caracterizado, quase sempre, pela ausência ou pouca presença de mercado. Em decorrência de tais fatos, percebe-se a inexistência de um modelo conclusivo destinado à avaliação da eficiência dos serviços ofertados pelo poder público.

Nesse sentido, o presente estudo tem por finalidade apresentar a contribuição da Análise Envoltória de Dados (DEA) no processo de determinação dos níveis de eficiência das unidades escolares de ensino fundamental que compõem a rede pública estadual na microrregião de São Carlos, SP. Trata-se de uma técnica de apoio à decisão de natureza multicritério que possibilita uma abordagem mais completa acerca da complexidade de unidades produtivas de natureza pública, tais como, as instituições de ensino fundamental. A partir das relações estabelecidas entre as variáveis *input* (insumos) e *output* (produtos) selecionadas para o conjunto de DMUs (Unidades Tomadoras de Decisão) representado, aqui, pelas unidades escolares componentes da amostra da pesquisa, os modelos DEA selecionados são capazes de aferir não apenas os níveis de eficiência relativa, mas também de calcular para cada DMU eventuais folgas apresentadas nos níveis dos *inputs* e *outputs*.

Uma vez constatadas a origem e as medidas das folgas, são estabelecidas para o conjunto das DMUs ineficientes as melhorias necessárias para que estas obtenham ganhos de desempenho e passem, assim, a compor o conjunto formador da fronteira eficiente estimada. Nesse processo, para cada DMU do conjunto ineficiente são estipulados os valores que cada variável *input* e *output* deve, necessariamente, assumir para que a respectiva DMU se torne eficiente. O cálculo das melhorias necessárias é realizado com base nos coeficientes de eficiência marginal das unidades *benchmark* (unidades de referência) apontadas por ambos os modelos para as DMUs ineficientes. Os modelos permitem também que sejam avaliadas as estruturas das unidades escolares, determinando, assim, aquelas que apresentam porte ideal e as que estão sub e superdimensionadas.

## 1.1 Contextualização do Assunto

No Estado de São Paulo, o Ensino Fundamental está estruturado em dois ciclos: Ensino Fundamental - Ciclo I (1ª à 4ª série) e Ensino Fundamental - Ciclo II (5ª à 9ª série). De acordo com os dados constantes do Censo Escolar 2007 elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), nas sete cidades que compõem a microrregião estudada, o número de matrículas no segundo ciclo foi da ordem de 12.855, estando estas distribuídas em 27 instituições estaduais de ensino fundamental. Todavia, torna-se necessário destacar que, segundo o Inep, não se está considerando o movimento dos alunos, ou seja, o número de matrículas acima não expressa os casos de abandono escolar no transcorrer do ano letivo em questão.

A cidade de São Carlos, dentre as demais formadoras da microrregião, apresenta o maior número de unidades escolares de ensino fundamental estadual do segundo ciclo (19) as quais, em 2007, atenderam a um contingente de 9.529 alunos. Seu quadro de docentes é constituído por 850 profissionais cujos serviços atendem a ambos os ciclos. Em contrapartida, a cidade de Corumbataí não dispõe de unidade escolar estadual de ensino fundamental, ficando a oferta e a gestão desse serviço, exclusivamente, a cargo da administração municipal. A cidade de Ibaté cujo quadro de unidades estaduais de ensino fundamental é formado por quatro instituições de ensino as quais, conjuntamente, dispõem de 124 docentes, em 2007, atendeu a 2156 alunos do segundo ciclo. Itirapina que conta com uma única unidade pública de ensino fundamental, em 2007, através de seu corpo docente composto por 30 profissionais atendeu a cerca de 570 alunos.

De modo geral, nas pequenas cidades da microrregião, tais como, Descalvado, Dourado, Ribeirão Bonito e Itirapina, nota-se, com base nos dados disponibilizados pelo Censo Escolar 2007, que o quadro de unidades de ensino fundamental estadual de tais cidades é formado por apenas uma instituição de ensino cujo corpo docente varia entre 12 e 30 profissionais os quais atendem a um número máximo de 570 alunos matriculados no segundo ciclo. A cidade de Ribeirão Bonito foi a que apresentou o menor número de profissionais (12). Dourado, por sua vez, apresentou o menor número de matrículas (134). Outro aspecto interessante diz respeito ao fato de que, com exceção de São Carlos, a oferta e a gestão do serviço de educação pública do primeiro ciclo fica a cargo das prefeituras municipais, restando ao poder público estadual a responsabilidade pela disponibilização e gerenciamento

dos serviços ofertados pelas instituições de ensino fundamental do segundo ciclo (5ª à 9ª série).

Todos os dias, pessoas, famílias, empresas, governos e, portanto, as sociedades, em geral, se deparam com questões relativas às diversas formas existentes de destinação eficiente dos recursos disponíveis, uma vez que reconhecem, por um lado, a natureza limitada das fontes de recursos e, de outro, a infinidade das demandas por bens e serviços pelos agentes econômicos (MANKIW, 2001).

Desse modo, em todas as esferas de atuação, os governos, através dos gestores públicos, inevitavelmente devem decidir acerca de onde, como, quanto e quando alocar os recursos escassos à disposição tendo sempre em vista os melhores resultados possíveis, em termos de eficiência, para cada decisão de investimento e, conseqüentemente, a maximização do bem-estar social. Por um lado, a multiplicidade das funções desempenhadas pelo Estado, de outro, a problemática da escassez dos recursos, sejam estes de ordem material, humana, ou financeira, somadas às inúmeras demandas sociais emergentes, exigem cada vez mais dos gestores públicos habilidades relativas à capacidade de definição das melhores práticas de alocação dos recursos disponíveis, com vista à obtenção de ganhos de eficiência nos processos decisórios, isto é, à maximização dos resultados dando, assim, respostas a altura das crescentes demandas sociais contemporâneas.

Nesse sentido, faz-se necessário, atualmente, a definição de um modelo, adequado à análise do desempenho das instituições públicas, capaz de disponibilizar informações e dados relevantes os quais, por sua vez, sirvam de subsídio para possíveis mudanças na condução dos projetos em vigor, contribuindo, desse modo, para um relativo ganho de performance na execução das ações e consecução das metas estipuladas ou, em outras palavras, em ganho de eficiência. Portanto, o presente estudo tem como um de seus objetivos a apresentação de um modelo de análise de eficiência produtiva ainda pouco difundido no cenário nacional o qual, todavia, demonstra ser de grande valia nos processos de aferição e avaliação dos níveis de eficiência de unidades produtivas, sobretudo, do setor público, tido como um exemplo típico de sistema complexo.

De acordo com Peña (2008), tal nível de complexidade pode explicar a existência de várias abordagens e também a falta de um modelo categórico de avaliação do serviço público. A técnica utilizada para a avaliação da eficiência relativa de unidades de produção, pelo presente estudo, é denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*). Consiste em um método de avaliação do desempenho de unidades produtivas baseado

no uso de programação linear. Trata-se de um método de apoio à decisão de natureza multicritério que permite modelar melhor a complexidade de unidades produtivas públicas, tais como, as unidades escolares da rede pública de ensino fundamental presentes na microrregião de São Carlos, SP.

O método DEA compara os insumos empregados por cada unidade de produção e seus respectivos produtos. Determina seus índices de eficiência relativa os quais, por sua vez, possibilitam a definição das melhores práticas e das eventuais mudanças necessárias para o ganho de eficiência por parte das unidades ineficientes. Adicionalmente, é eficaz no processo de identificação de ociosidades e folgas, e na formulação de políticas de redução de custos associadas a uma expansão que aperfeiçoe o potencial de crescimento e o porte ideal das unidades avaliadas. O método em questão disponibiliza, segundo Peña (2008), uma vasta gama de soluções que possibilitam aperfeiçoar a eficiência das unidades analisadas com relativa flexibilidade.

Tendo em vista oferecer uma nova perspectiva de análise das instituições educacionais, contribuindo, assim, para a discussão sobre técnicas e modelos adequados à avaliação do setor público; o presente trabalho se presta a avaliar os níveis de eficiência das unidades educacionais de ensino fundamental público a partir da relação estabelecida entre os níveis de insumos alocados e os resultados alcançados por cada instituição de ensino analisada.

## **1.2 Formulação do problema**

Um dado alarmante acerca da qualidade do ensino público, em SP, divulgado, em 2008, pela Secretaria do Estado da Educação, órgão responsável pela gestão das instituições de ensino fundamental e médio no estado, chamou a atenção para o seguinte fato: somente sete escolas da rede pública paulista, das 5.183 existentes, apresentaram o mesmo nível de qualidade de ensino verificado em países como Coreia do Sul e Finlândia, considerados referências mundiais em qualidade e resultados obtidos, quando o assunto se trata de investimentos na área educacional.

Tais unidades de ensino, portanto, são as únicas a cumprir as metas estipuladas pelo governo paulista através do IDESP - Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo – um instrumento destinado à avaliação da qualidade do ensino ofertado nas

escolas paulistas o qual combina duas outras fontes de dados: o SARESP - Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo - e a taxa de alunos que estudam em séries indicadas para a sua idade (fluxo) a qual pode variar caso haja, por exemplo, repetência e evasão (SAIBA..., 2008).

A partir da constatação dessa realidade adversa enfrentada por praticamente a totalidade dos jovens estudantes paulistas, surge a intenção de se avaliar, pelo método Análise Envoltória de Dados (DEA), os níveis de eficiência das instituições públicas de ensino fundamental presentes na microrregião de São Carlos, SP, uma vez que as discrepâncias em termos de resultados e da qualidade observados nas diferentes esferas de ensino da maior cidade da região analisada foram fatores preponderantes para a elaboração de tal estudo.

A cidade paulista de São Carlos é considerada nacionalmente um centro de excelência no desenvolvimento tecnológico, na produção científica e na formação de recursos humanos com alto nível de qualificação, fatos atribuídos à presença de duas conceituadas instituições de ensino superior (UFSCar e USP). No entanto, paradoxalmente, apresenta em seu quadro de unidades de ensino, o pior desempenho de uma instituição de nível fundamental do estado (Escola Estadual Conde do Pinhal) cuja nota na avaliação do IDESP - 2007 ficou em 0,26 de uma escala variando entre zero e dez. Nesse sentido, faz-se necessário saber quais os níveis de eficiência das escolas que compõem a rede estadual pública de ensino fundamental, na microrregião de São Carlos, SP, em termos da qualidade do ensino ofertado e dos resultados obtidos no processo de formação dos estudantes?

### **1.3 Objetivo Geral**

Avaliar os níveis de eficiência das unidades escolares da rede pública estadual de ensino fundamental, na microrregião de São Carlos - SP, com base nos níveis de alocação dos insumos e na análise dos resultados obtidos pelas oitavas séries nas avaliações acerca da qualidade do ensino público, através da utilização do modelo Análise Envoltória de Dados (DEA).

## 1.4 Objetivos Específicos

- Determinar os índices de eficiência relativa das unidades escolares analisadas.
- Identificar as unidades ineficientes e suas respectivas fontes de ineficiência.
- Definir ações corretivas, isto é, metas e melhorias necessárias para que as unidades ineficientes obtenham ganhos de desempenho tornando-se eficientes.
- Elaborar o ranking das unidades por nível de eficiência.
- Determinar as instituições sub e superdimensionadas e as que operam na escala ideal.
- Apontar as unidades de referência para as ineficientes através do índice benchmark.

## 1.5 Justificativa

A partir da constatação da inexistência de um método conclusivo acerca da avaliação da eficiência no setor público com potencial para servir de importante fonte de informações e dados capazes de subsidiar decisões voltadas ao aprimoramento do processo de gestão dos recursos públicos, sobretudo, na área educacional; o presente estudo se comporta como um instrumento de análise cujo intuito é apresentar um modelo pertinente ao processo de aferição da eficiência de unidades produtivas, sobretudo, no âmbito governamental.

Com base nas afirmações de Peña (2008), o método proposto, no presente estudo, para a análise da eficiência de unidades produtivas, mesmo sendo de origem recente e pouco difundido nacionalmente, tem demonstrado ser de grande utilidade no processo de aferição dos níveis de eficiência de unidades produtivas, sobretudo, do setor público podendo, assim, ter sua aplicação estendida à avaliação de instituições públicas de ensino.

Desse modo, através da aplicação dos conceitos e métodos de análise oferecidos pelos modelos DEA, os objetivos principais do estudo consistem, basicamente, em fornecer dados acerca dos níveis de eficiência das instituições de ensino fundamental; identificar as fontes e as medidas de ineficiência das unidades situadas fora da fronteira eficiente para as quais possam ser definidas ações corretivas que visem proporcionar ganhos de desempenho;

contribuir por meio da divulgação dos resultados da pesquisa para a melhoria na qualidade dos serviços educacionais e, conseqüentemente, para a formação de jovens com alto grau de instrução cujos retornos futuros à sociedade justifiquem e ampliem os investimentos públicos na área educacional.

## **1.6 Métodos e Técnicas de Pesquisa:**

Para a consecução dos objetivos estabelecidos no estudo, foram aplicados dois modelos da técnica Análise Envoltória de Dados. Os modelos, em seus processos de aferição dos níveis de eficiência de unidades produtivas, empregam conceitos e métodos distintos e possuem capacidades interpretativas variadas. As unidades produtivas também denominadas DMUs (*Decision Making Units*) são representadas, aqui, pelas instituições de ensino fundamental público presentes na microrregião de São Carlos, SP. Os modelos DEA utilizados no presente estudo são: o CCR-OO e o BCC-OO. A diferença básica entre os modelos apresentados reside no fato de que estes operam com retornos de escala distintos, isto é, retornos constantes e variáveis de escala, respectivamente.

No entanto, as formas de projeção das unidades ineficientes na fronteira eficiente estimada por ambos os modelos estão orientadas à maximização dos níveis dos *outputs* gerados pelas unidades produtivas (DMU) analisadas a partir da manutenção dos níveis dos *inputs* disponíveis em cada processo. Atribui-se aos modelos acima citados tal orientação, uma vez que não seria conveniente no estudo proposto tratar de questões como, por exemplo, a redução nos níveis de alocação observados para as variáveis *input* selecionadas.

Tanto as variáveis *input* quanto os *outputs* empregados nos modelos acima citados foram obtidos por meio de pesquisa eletrônica. Realizaram-se para isso diversas buscas via internet nos sítios dos órgãos responsáveis pelo estabelecimento das diretrizes e pela gestão da educação nas esferas estadual e federal. Na tentativa de se escolher variáveis relevantes que contribuíssem para o desenvolvimento consistente da pesquisa, analisaram-se dados estatísticos dispostos na forma de relatórios de desempenho das instituições de ensino analisadas.

Os relatórios com as informações acerca do desempenho das instituições de ensino são de autoria do Ministério da Educação, através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas

Educacionais Anísio Teixeira (Inep), e da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP). Os dados disponibilizados nos relatórios permitem a visualização, não apenas dos perfis básicos das instituições de ensino, mas, sobretudo, dos resultados obtidos, em termos da qualidade do ensino público ofertado, a partir das metas estipuladas tanto pelo MEC quanto pela SEE-SP.

A análise dos dados coletados (variáveis *input* e *output*) é realizada por meio da utilização das técnicas e métodos propostos pelos modelos DEA descritos acima através da operacionalização do *software* EMS 1.3.0 com base no modelo de duas etapas o qual não faz uso do coeficiente Arquimediano ( $\varepsilon = 10^{-6}$ ). Portanto, a partir da utilização de problemas de programação linear (PPL) os modelos: determinam os índices de eficiência de cada DMU; estimam fronteiras eficientes formadas pelas unidades com melhor desempenho com base na relação apresentada entre os níveis dos *inputs* alocados e dos *outputs* gerados; estabelecem a distância das unidades ineficientes em relação às fronteiras eficientes, a qual equivale à própria medida de ineficiência; projetam as unidades ineficientes na fronteira com vistas à maximização dos níveis dos *outputs* a partir de um dado volume constante de fatores de produção disponível para cada DMU, ou seja, almeja-se o ganho de produtividade/eficiência por parte das unidades ineficientes.

A partir da constatação das fontes e dos graus de ineficiência são elaboradas para cada DMU ações corretivas com vistas à correção de tais distorções indesejáveis. Busca-se com tal procedimento a otimização dos processos com o intuito de proporcionar às DMUs ineficientes ganhos de desempenho os quais se traduzam em maiores níveis de eficiência e, conseqüentemente, em melhores resultados em termos da qualidade do ensino ofertado.

## **1.7 Estrutura e Organização da Monografia**

No primeiro capítulo, faz-se uma breve introdução acerca do modelo proposto para a análise da eficiência das instituições de ensino público fundamental presentes na microrregião de São Carlos – SP. Destacam-se as definições dos termos produtividade e eficiência, importantes para a melhor compreensão dos conceitos abordados pela técnica Análise Envoltória de Dados; as questões relacionadas à escassez dos recursos disponíveis à sociedade

e os conseqüentes *tradeoffs* enfrentados por estas nas tomadas de decisão acerca da alocação de seus recursos. São apresentados os objetivos geral e específicos, a formulação do problema de pesquisa, assim como a relevância do projeto como instrumento divulgador de um modelo inovador de grande utilidade no processo de aferição dos níveis de eficiência de unidades produtivas, sobretudo, do setor público.

A segunda parte se ocupa em apresentar o referencial teórico sobre o qual as bases da pesquisa foram edificadas. Aprofunda-se a discussão sobre o modelo de análise de eficiência proposto e são expostos os conceitos e procedimentos utilizados pelos modelos DEA, suas especificidades, diferenças e aplicabilidade. Na terceira parte, toma-se conhecimento do método de pesquisa que será desenvolvido no presente estudo. A quarta parte se presta a apresentar os resultados da aplicação dos modelos CCR-OO e BCC-OO. A quinta seção expõe as conclusões a que se chegou a partir da aplicação das técnicas disponibilizadas pelos modelos definidos no método de pesquisa. A sexta e última parte traz as informações sobre as referências bibliográficas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na literatura sobre o DEA, percebe-se a necessidade de se distinguir dois termos importantes freqüentemente utilizados de modo equivocado: produtividade e eficiência (PEÑA, 2008 e COELLI *et al.*, 1997). O primeiro, segundo Coelli *et al.* (1997), trata da relação existente entre a quantidade de produtos gerados ( $y$ ) em um processo produtivo a partir da alocação de um dado nível de fatores de produção disponível ( $x$ ). Numa situação de múltiplos inputs/outputs, utiliza-se o conceito de Produtividade Total dos Fatores (PTF)  $\frac{\sum u_r y_r}{\sum v_i x_i}$ , onde  $u_r \in \mathbb{R}^m$  e  $v_i \in \mathbb{R}^n$  são as respectivas ponderações que permitem criar o valor agregado dos *outputs* e *inputs*. Já o termo eficiência, de acordo com a conceituação estabelecida por Mello *et al.* (2005), pode ser considerado uma medida relativa que compara, partindo de certo nível constante de insumos, o que foi produzido e o que poderia ter sido alcançado em termos de resultados pela alocação de tais fatores de produção.

É creditada a Koopmans (1951) a primeira formalização do conceito de eficiência, a qual pode ser definida como sendo a combinação ótima dos insumos e métodos necessários (*inputs*) no processo produtivo de modo a gerar o máximo de produto (*output*). Diz-se, portanto, que um processo de produção é eficiente ao ser constatado o emprego da menor quantidade de insumos possível para se alcançar determinado volume de produção, ou quando este último atinge o melhor resultado possível a partir da alocação da mesma quantidade de recursos disponível (PEÑA, 2008).

No trabalho sobre a eficiência tributária municipal de Araújo, P. (2007), faz-se referência a Proite e Sousa (2004), destacando-se que a teoria econômica da análise de eficiência é baseada nos estudos de Koopmans (1951) e de Debreu (1951) sobre análise da produtividade. O trabalho empírico de Farrel (1957), segundo os autores, pode ser considerado pioneiro na área, uma vez que nele o problema da mensuração da eficiência para um conjunto de unidades produtivas foi analisado pela primeira vez.

Nesse sentido, para uma unidade produtiva específica, o índice de eficiência de Farrel é calculado a partir da comparação de tal unidade com as unidades tidas eficientes as quais compõem o conjunto formador da fronteira eficiente convexa. Em outras palavras, o grau de ineficiência da unidade em questão é determinado com base na observação da distância existente entre o processo produtivo que se avalia e o conjunto de possibilidades formador da

fronteira eficiente. Como resultado de seus esforços no desenvolvimento dos conceitos e princípios da análise envoltória de dados, Farrel empiricamente definiu termos, tais como, eficiência técnica, fronteira eficiente baseada nos dados observados, múltiplos insumos e produtos, entre outros.

Tendo como base as afirmações de Peña (2008) e Araújo, C. (2008), o termo eficiência assume duas dimensões distintas que, no entanto, se complementam e resultam em uma terceira definição para o termo. A primeira dimensão é a de ordem técnica relacionada à distância observada entre as quantidades de *outputs* gerados por uma unidade e os níveis máximos de produção possíveis a partir da alocação de um volume constante de fatores de produção disponível. A segunda dimensão diz respeito aos custos relativos ao emprego dos fatores de produção. Desse modo, a eficiência de ordem econômica relativiza os níveis de produção e seus respectivos custos com base nos preços praticados, isto é, apresenta-se como um instrumento de avaliação da combinação dos fatores de produção de modo a minimizar os custos de um dado nível de produção.

A dimensão econômica pode ser considerada uma extensão da eficiência de natureza técnica, uma vez que são levados em consideração, além dos aspectos físicos, os de ordem monetária. Conclui-se, portanto, que uma unidade produtiva pode ser considerada eficiente do ponto de vista global a partir da constatação de que esta, ao empregar certo volume de *inputs*, alcança o nível máximo de *outputs* possível despendendo para isso o menor montante de recursos financeiros (PEÑA, 2008).

## **2.1 Análise de Eficiência a partir do Método DEA**

Com o intuito de se aferir a eficiência técnica de uma dada unidade produtiva, pode-se recorrer ao cálculo da função produção, a qual determina o nível máximo de produtos a ser atingido a partir da alocação de certa quantidade de fatores de produção disponível. Alternativamente, a eficiência técnica pode ser aferida por meio do cálculo da função custo, uma vez que ambas resultam em “[...] limites (máximo e mínimo, respectivamente) e, como tais, são exemplos de fronteiras que podem servir de parâmetro à mensuração de eficiência técnica [...]” das unidades de produção (ARAÚJO, P., 2007, p. 11).

Para Araújo, P. (2007) e Peña (2008), existem várias metodologias disponíveis para estimação de fronteiras de produção (eficiência técnica), as quais podem ser classificadas como paramétricas e não-paramétricas. Em suas análises acerca da eficiência tributária, Araújo, P. (2007) cita como exemplo de modelo paramétrico o método de estimação de fronteira estocástica (*Stochastic Frontier*) no qual são aplicados procedimentos de natureza econométrica de regressão múltipla. Apresentam-se também os métodos não-paramétricos os quais, no processo de aferição da eficiência técnica, empregam procedimentos de programação linear cujo resultado é a determinação de uma fronteira convexa formada pelo conjunto eficiente das unidades analisadas. Pode ser dada como exemplo de método não-paramétrico, segundo Peña (2008), a técnica Análise Envoltória de Dados.

Os métodos não-paramétricos, por não exigirem o conhecimento prévio da função que relaciona insumos e produtos, e conseqüentemente o ajuste de parâmetros, são mais simples e flexíveis quando comparados aos modelos paramétricos de aferição de eficiência (ARAÚJO, P., 2007). Em outros termos, o método não-paramétrico estima a curva de eficiência através de programação matemática de otimização, não exigindo a especificação de relações funcionais alguma entre os *inputs* e os *outputs* (PEÑA, 2008). Porém, o referido autor, alerta para a condição que, sendo esta determinística, tal técnica é muito susceptível às observações extremas e ignora as perturbações aleatórias do processo produtivo.

A introdução do método não-paramétrico nos estudos sobre eficiência é atribuída a Farrel (1957) devido sua percepção acerca da necessidade de obtenção de uma medida global de eficiência com base na utilização de múltiplos *inputs* e *outputs*, uma vez que a determinação de medidas de produtividade parcial ( $y/x$ ), nessas condições, apresentava falhas e restrições. A combinação do método desenvolvido por Farrel (1957) com problemas de programação matemática realizada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) resultou no desenvolvimento do modelo denominado *Data Envelopment Analysis* (DEA) cuja expressão equivalente em português é: Análise Envoltória de Dados. Deve-se salientar que o advento do DEA contribuiu para a aplicação do método de fronteira convexa a situações práticas envolvendo múltiplos insumos e produtos de maior grau de complexidade.

No estudo acerca da eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte rural de estudantes desenvolvido por Araújo, C. (2008), faz-se referência à definição de Niederauer (1998) a respeito do método DEA segundo a qual este pode ser considerado como sendo quantitativo, não-paramétrico e empírico destinado à mensuração do desempenho relativo entre unidades produtivas homogêneas capaz de fornecer um indicador único de performance

para cada unidade componente do grupo avaliado a partir da relação ponderada entre produtos e insumos. Entende-se por homogênea a unidade de produção ou DMU que, ao ser comparada com as demais unidades componentes da amostra, apresentar os mesmos objetivos e se utilizar das mesmas técnicas de produção.

Ainda com base no referido estudo e na menção feita a Charnes *et al.* (1994), pode-se afirmar que uma das características evidentes do modelo Análise Envoltória de Dados diz respeito à capacidade de serem identificadas para cada DMU ineficiente as fontes e medidas de ineficiência, sendo que o nível de ineficiência é aferido por meio da “[...] comparação direta com uma única DMU de referência ou pela combinação convexa de um conjunto de DMUs que se localizam na fronteira eficiente e utilizam a mesma quantidade de insumos, produzindo quantidade maior de produtos” (ARAÚJO, C. 2008, p. 40).

De acordo com Belloni (2000), uma análise pelo método DEA, basicamente, gera três resultados básicos, tais como: a identificação da fronteira eficiente e, portanto, do conjunto de unidades eficientes que a compõem; a determinação da distância das unidades ineficientes em relação à fronteira, representando assim, ao mesmo tempo, a medida de ineficiência e o potencial de ganho de produtividade por parte destas; a definição dos pesos (taxas de substituição) que determinam cada região da fronteira de eficiência, os quais a caracterizam e a classificam como região eficiente.

O primeiro modelo elaborado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), denominado CCR, destinava-se a análises com retornos constantes de escala (CRS), pois considerava que as variações observadas nos níveis dos *inputs* seriam seguidas, obrigatoriamente, por alterações proporcionais nos níveis dos *outputs*. Com a contribuição de Banker, a partir de 1984, o modelo aprimorado passou a ser aplicado em análises de eficiência com retornos variáveis de escala (VRS), ao qual foi atribuído o nome de BCC.

Segundo Peña (2008), a utilização do modelo BCC para análise de retornos variáveis de escala é adequada em cenários de concorrência imperfeita entre as DMUs avaliadas, ou seja, em contextos que envolvam a ausência ou pouca presença de mercado. Nessas condições, o modelo BCC “[...] passa a distinguir entre ineficiência técnica ou de escala, estimando a eficiência técnica em um dado plano de operações e identificando ganhos de escalas constantes, crescentes ou decrescentes” (ARAÚJO, C., 2008, p. 36).

Com vistas não apenas à determinação, mas também ao processo de maximização dos níveis de eficiência técnica das DMUs, ambos os modelos podem seguir dois tipos distintos

de orientação, isto é, podem buscar a redução dos níveis dos *inputs* alocados, mantendo-se, no entanto, o mesmo volume de produção; ou em vez disso, maximizar o volume de produção para um dado nível constante de insumos disponível.

Tais orientações atribuem, respectivamente, aos modelos descritos as classificações IO (orientado ao *input*) e OO (orientado ao *output*). Tomando como referência o trabalho sobre avaliação da eficiência da administração pública elaborado por Peña (2008), a seguir, seguem as conceituações e métodos incorporados pelos modelos CCR e BCC da técnica DEA. Todavia, como a pesquisa segue a orientação do aumento equiproporcional dos *outputs*, projetando, assim, os planos de ineficiência sobre a fronteira convexa constituída pelas unidades eficientes, apresentar-se-ão os modelos CCR e BCC com orientação ao *output*, ou seja, CCR-OO e BCC-OO, respectivamente.

### 2.1.1 Modelo CCR-OO

De acordo com a situação a ser analisada, pode surgir a necessidade de se determinar o nível de produção possível de ser alcançado por uma unidade produtiva ou, em outras palavras, o aumento máximo de seus *outputs*, mantendo-se, no entanto, inalterados os níveis de insumos alocados em tal processo. Na tentativa de viabilizar a consecução de tal objetivo, pode-se fazer uso do PPL CCR-M-OO, o qual representa o ganho de escala (produtividade) que a DMU em análise deve atingir para alcançar os níveis de eficiência das outras DMUs formadoras do conjunto eficiente representado pela fronteira convexa. Sua formulação é a seguinte:

$$\text{Min } \varphi_o = \sum_{r=1}^m v_r x_{ro}$$

$$\text{Sujeito a : } \sum_{i=1}^n u_i y_{io} = 1; \sum_{r=1}^m u_r y_{rj} \geq \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, o, \dots, N. \quad u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n$$

A formulação exposta acima viabiliza a determinação da maximização necessária nos níveis dos *outputs* para que a DMU obtenha ganhos de desempenho, isto é, torne-se eficiente. No entanto, cumpre-se ressaltar que, freqüentemente, os coeficientes (pesos)  $u_r$  e  $v_i$  são condicionados a serem maiores ou iguais a  $\varepsilon$  (Coeficiente Arquimédiano) o qual equivale a um valor significativamente reduzido, em torno de  $10^{-6}$ , cuja finalidade é impedir que aos

referidos pesos ponderativos das variáveis seja atribuído o valor zero levando a interpretação equivocada de que tais variáveis teriam papel inexpressivo para a unidade produtiva analisada. Pode-se afirmar que, ao assumirem valores maiores ou iguais a  $\epsilon$ , evita-se que algum produto ou insumo seja marginalizado da determinação da eficiência.

Isto posto, de acordo com o já fora observado por Peña (2008), apenas as unidades produtivas eficientes apresentarão índices  $\phi$  iguais a unidade, concluindo-se, portanto, que as DMUs ineficientes terão índices  $\phi$  maiores que a unidade. Nesse sentido, os índices  $\phi$  de eficiência das unidades produtivas no modelo CCR-OO representam o valor inverso aos do modelo destinado à análise da eficiência com orientação ao *input*, isto é, CCR-IO.

Sendo assim, quando da orientação ao *output* para análise de eficiência baseada em retornos constantes de escala, os índices  $\phi$  podem ser determinados do seguinte modo:  $\phi=1/h$ , onde  $h$  representa o valor do índice de eficiência das DMUs avaliadas pelo modelo CCR-IO. Percebe-se que, independente da orientação dada pelos dois modelos, os resultados apresentados são equivalentes, uma vez que ambos os modelos operam com retornos constantes de escala.

Citando um exemplo do referido autor, se o índice de eficiência de uma unidade no modelo CCR-IO for, por exemplo,  $h= 0,8$ , a mesma terá, portanto, na orientação ao produto (CCR-OO) um índice  $\phi=1,25$  obtido a partir da razão inversa do índice  $h$  calculado pela orientação ao *input*, ou seja,  $\phi=1/h$ . Nesse caso, a interpretação é a seguinte: de acordo com o índice  $\phi$  apurado, a DMU, para apresentar ganhos de produtividade com vista ao aumento de seu desempenho em termos de eficiência, deverá necessariamente aumentar de forma proporcional (radial) os *outputs* em 25%.

Entretanto, deve-se destacar que para o cumprimento das condições de eficiência estabelecidas por Cooper, Seiford e Tone (2000), denominada eficiência de Pareto-Koopmans, é preciso também reduzir eventuais folgas existentes nos níveis de insumo (PEÑA, 2008). A formulação pode ser representada segundo a Figura 1 que, na hipótese de que o processo produtivo em análise gere apenas dois *outputs* ( $y_1$  e  $y_2$ ) a partir da alocação das quantidades ( $x$ ) de um insumo disponível, ilustra a chamada curva de possibilidades de produção (CPP).

Todos os pontos nessa curva são eficientes e possuem  $\phi=1$ . Observa-se que não há possibilidade de ganhos adicionais pelas unidades **B**, **F'**, **C** ou **D** dados os seus respectivos níveis de fatores de produção disponíveis. Nota-se que as unidades situadas abaixo da

fronteira convexa não apresentam o mesmo nível de desempenho das demais e, portanto, são consideradas ineficientes. Situados abaixo do conjunto eficiente e com índices  $\phi$  maiores que a unidade ( $\phi_F$  e  $\phi_E > 1$ ), as unidades **F** e **E** tornar-se-ão eficientes a partir do momento em que as quantidades de seus produtos atingirem os níveis observados em **F'** e **C**.

O ganho de eficiência das DMUs ineficientes é dado pela expansão radial da observação até a fronteira. Analisando a unidade **G**, o movimento radial é o raio que sai do ponto **G** projetando-se ao ponto **A** considerado eficiente de acordo com a definição de eficiência de Debreu e Farrell, mas por apresentar potencial de expansão da produção a partir do mesmo volume de fatores de produção disponível, no conceito de Koopmans, este não pode ser definido como eficiente. Sendo assim, o deslocamento não radial de **A** para **B** é considerado folga de Koopmans de produto o qual evidencia um movimento de folga.

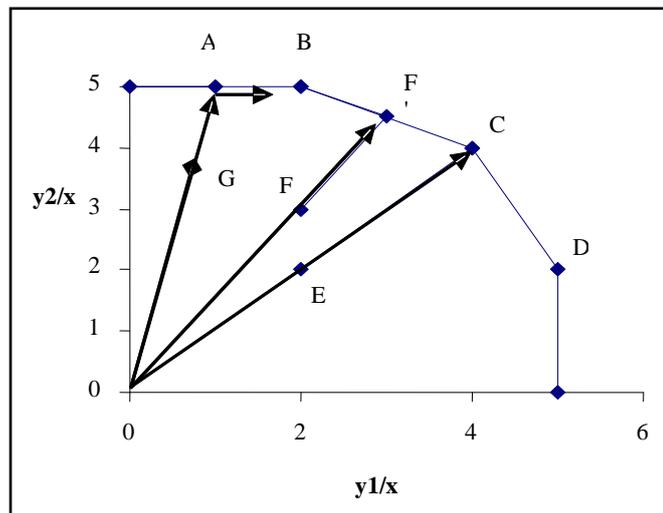


Figura 1. Fronteira eficiente orientação *output*  
Fonte: Adaptado de Peña (2008)

Todo PPL primal possui sua contrapartida dual com a característica de que em ambos os valores das funções-objetivos são idênticos (PEÑA, 2008). Fato este que possibilita ao DEA optar pelo modelo que lhe imponha o menor número de restrições ao se estabelecer a condição de que o número de variáveis seja maior que o de unidades produtivas analisadas. “[...] por ter solução computacional mais simples, o dual tem preferência” (COLL e BLASCO, 2006, p.37-38).

### 2.1.2 Modelo BCC-OO

De acordo com as observações feitas ao longo desse capítulo, o modelo CCR pressupõe que as unidades produtivas operam com retornos constantes de escala (CRS). Todavia, em contextos caracterizados pela concorrência imperfeita entre as unidades produtivas como, por exemplo, no setor público, estas muitas vezes passam a operar com retornos variáveis de escala, isto é, o aumento nos níveis de alocação dos *inputs* não necessariamente conduz a um aumento proporcional nos níveis dos *outputs* (PEÑA, 2008).

Sendo assim, a análise da eficiência das unidades produtivas que operam com retornos variáveis de escala (VRS) pode ser melhor conduzida a partir do emprego dos modelos BCC os quais, de acordo com Mello *et al.* (2005), substituem o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo da convexidade. Tal modelo permite que se avalie, a partir da característica apresentada pelo retorno de escala do processo produtivo em análise, um conjunto de DMUs composto por unidades produtivas as quais podem possuir os mais variados portes (PEÑA, 2008).

Nos estudos realizados por Araújo, C. (2008), constata-se a referência feita a Kassai (2002) segundo o qual uma das diferenças entre os modelos CCR e BCC reside no fato de que este último oferece “[...] uma medida da eficiência técnica (ET) e o modelo CCR fornece uma medida da eficiência produtiva ou mesmo global (EG)” (ARAÚJO, C., 2008, p. 52). Ainda de acordo com o referido autor, a relação estabelecida entre ambas as medidas resulta em uma medida de eficiência de escala (EE) que se destina ao cálculo da perda de *output* proporcionada pelos desvios de escala ótima resultantes de situações em que se verificam a ocorrência de retornos constantes de escala.

A partir da constatação de Peña (2008) de que a eficiência nos modelos BCC depende das orientações assumidas, a orientação com a finalidade de se determinar o aumento possível nos níveis dos *outputs* a fim de que a unidade produtiva analisada obtenha ganhos de desempenho, ou seja, torne-se eficiente é dada pelo PPL BCC-M-OO cujas formulações primal e dual são as seguintes:

**Primal**

$$\text{Min } \varphi_o = \sum_{r=1}^m v_r x_{ro} - k$$

Sujeito a :

$$\sum_{i=1}^n u_i y_{io} = 1$$

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

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad r=1, \dots, m; \quad i=1, \dots, n; \quad k - \text{irrestrito.}$$

**Dual**

$$\text{Max } Z_o = \varphi_o$$

$$\text{S a : } \sum_{i=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io}$$

$$y_{ro} h_o \leq \sum_{r=1}^m y_{rj} \lambda_j$$

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

$$\lambda_j \geq 0 \quad \text{e } \varphi_o \text{ irrestrito}$$

Fonte: Adaptado Peña (2008)

Aqui, constata-se que a eficiência pura aferida a partir da orientação do modelo ao output (OO) é dada por  $1/\varphi$ , e assim para ser considerada eficiente a DMU necessariamente deverá apresentar o índice  $\varphi=1$ . No entanto, Peña (2008) observa que a presente medida de eficiência não equivale à do modelo BCC-M-OI ( $\tau \neq 1/\varphi$ ). Observar-se-á equivalência entre ambas as medidas, segundo o referido autor, somente no caso em que as unidades produtivas analisadas estiverem operando com retornos constantes de escala.

### 3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

A pesquisa utiliza o método dedutivo, ou seja, aplica-se ao estudo das instituições de ensino fundamental da rede pública estadual paulista o modelo Análise Envoltória de Dados (DEA), o que expõe o caráter empírico–quantitativo da pesquisa. As unidades escolares apresentam portes variados, estando estas inseridas em contextos socioeconômicos distintos, o que torna necessária a utilização dos modelos DEA que operam com retornos variados de escala e contemplam as chamadas variáveis não controláveis. Em outras palavras, a existência de contextos socioeconômicos diferenciados exige a aplicação dos modelos DEA que identificam o impacto desse ambiente na gestão das unidades produtivas avaliadas. Entretanto, a indisponibilidade dessas variáveis, causada pela impossibilidade de acesso às fontes de tais informações, contribuiu para que a pesquisa tivesse seu foco direcionado apenas às variáveis sobre as quais as DMUs possuem controle. Alternativamente, assume-se que as DMUs analisadas compartilham de um mesmo ambiente externo homogêneo.

Conseqüentemente, excluem-se do processo de análise da eficiência das unidades escolares as variáveis não-controláveis, ou seja, não é levado em consideração o conjunto de fatores formadores dos contextos em que as unidades desenvolvem suas atividades, tais como, IDH de cada localidade, níveis de violência e criminalidade, infra-estrutura de lazer e cultura, saneamento básico, infra-estrutura de transporte e de saúde, taxa de desemprego dos responsáveis, entre outros. Também não são considerados fatores como, por exemplo, habilidades cognitivas, atitude e outras características inatas dos alunos.

Sobre a escolha das variáveis para a análise dos serviços educacionais a partir da modelagem DEA, segundo Peña (2008), constata-se a existência de um debate aberto no qual a escolha destas pode ser realizada de acordo com a opinião de especialistas ou pela disponibilidade de fontes de tais dados. Conforme já citado, as variáveis a serem utilizadas pela modelagem proposta foram obtidas através dos dados constantes dos relatórios elaborados pelos órgãos de gestão da educação nas esferas federal e estadual por meio das avaliações acerca da qualidade do ensino por eles aplicadas.

Deve-se destacar que a quantificação dos indicadores de eficiência, das unidades escolares que compõem a amostra da pesquisa e dos demais índices propostos foi realizada por meio da utilização das técnicas e métodos propostos pelos modelos DEA através da

operacionalização do *software* EMS 1.3.0 com base no modelo de duas etapas o qual dispensa o uso do coeficiente Arquimedeano ( $\varepsilon = 10^{-6}$ ).

### 3.1 Tipo e descrição geral da pesquisa

Tendo por base a taxionomia de Vergara (1990), a qual define os tipos de pesquisa segundo dois critérios básicos, a pesquisa, quanto aos fins, pode ser classificada como: explicativa, aplicada e intervencionista. Explicativa pelo fato de o modelo DEA, proposto para a análise da eficiência das DMUs escolares selecionadas, permite a identificação das respectivas fontes de ineficiência de cada unidade sob análise. Aplicada e intervencionista, pois ao serem determinados os índices de eficiência relativa, as fontes e os graus de ineficiência de cada DMU, bem como as folgas e pontos ociosos nos níveis de *inputs* e *outputs* em cada processo, podem ser estruturadas ações voltadas à supressão dos desvios indesejáveis visando ao conseqüente ganho de eficiência por parte destas.

No que se refere aos meios, a pesquisa será realizada a partir de um estudo de caso cujo objeto de pesquisa são as unidades educacionais que compõem a rede pública estadual de ensino fundamental na microrregião de São Carlos, SP. A microrregião é formada por sete cidades cujas instituições de ensino fundamental público estadual compõem o universo sob a gerência da diretoria de ensino localizada na cidade de São Carlos.

A abordagem a ser aplicada na pesquisa será a mista visto que ao final da modelagem são apresentados os índices de eficiência, e aferidas as medidas de ineficiência das unidades produtivas. Em seguida, identificam-se as fontes de tais ineficiências e, assim, são elaboradas ações corretivas destinadas à obtenção de ganhos de escala por parte das DMUs ineficientes.

As variáveis utilizadas na modelagem DEA são de natureza secundária. Estas foram obtidas através de pesquisa eletrônica nos sítios dos órgãos responsáveis pela elaboração de análises relativas ao desempenho das instituições de ensino fundamental a partir das avaliações propostas para a aferição da qualidade da educação básica nas esferas estadual e federal. Os órgãos são, respectivamente, o Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), vinculado ao Ministério da Educação, e a Secretaria do Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP).

As variáveis *input* são: Média de horas-aula diária (I1); Percentagem de docentes com nível superior (I2); Percentual de alunos com distorção idade série (I3). As variáveis *output* são: Percentagem de aprovação (O1); Média na Prova Brasil – 2007 (O2); Nota no IDEB - 2007 (O3); Nota no IDESP – 2007 (O4). Portanto, observa-se que a contribuição das variáveis escolhidas não é exaustiva para a análise de eficiência das unidades escolares. Contudo, atendem-se os objetivos da pesquisa. O software EMS. 1.3.0, disponível na internet, foi o instrumento utilizado para a execução dos modelos DEA.

### **3.2 Caracterização da organização, setor ou área**

A educação básica, em consonância com os parâmetros estabelecidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), visa assegurar aos cidadãos brasileiros a formação comum indispensável para a prática da cidadania, fornecendo-lhes os meios necessários para o exercício pleno de suas funções sociais. Pode-se afirmar que a educação básica é norteadada por dois instrumentos legais: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 e o Plano Nacional de Educação (PNE), Lei nº 10.172/2001, regidos, naturalmente, pela constituição federal.

Para o nível fundamental de ensino, segundo o Art. 24 da LDB, a carga horária mínima anual prevista é de oitocentas horas, sendo estas distribuídas por um mínimo de duzentos dias de trabalho escolar efetivo, observando-se, no entanto, algumas exceções. Conclui-se, portanto, que a jornada básica escolar no ensino fundamental contempla pelo menos quatro horas de trabalho efetivo em sala de aula, a qual pode ser progressivamente ampliada a fim de que se aumente o tempo de permanência dos alunos na escola.

O ensino fundamental obrigatório e gratuito na escola pública tendo por objetivo a formação básica do cidadão, a partir da alteração da LDB pela Lei nº 11.274, em 2006, passa a ter duração de nove anos o qual deve ser iniciado aos seis anos de idade. No Estado de São Paulo, o Ensino Fundamental está estruturado em dois ciclos: Ensino Fundamental - Ciclo I (1ª à 4ª série) e Ensino Fundamental - Ciclo II (5ª à 9ª série). De acordo com os dados constantes do Censo Escolar 2007 elaborado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), nas sete cidades que compõem a microrregião estudada, o número de matrículas no segundo ciclo foi da ordem de 12.855, estando estas distribuídas

em 27 instituições estaduais de ensino fundamental. Todavia, torna-se necessário destacar que, segundo o Inep, não se está considerando o movimento dos alunos, ou seja, o número de matrículas acima não expressa os casos de abandono escolar no transcorrer do ano letivo em questão.

A cidade de São Carlos, dentre as demais formadoras da microrregião, apresenta o maior número de unidades escolares de ensino fundamental estadual do segundo ciclo (19) as quais, em 2007, atenderam a um contingente de 9.529 alunos. Seu quadro de docentes é constituído por 850 profissionais cujos serviços atendem a ambos os ciclos. Em contrapartida, a cidade de Corumbataí não dispõe de unidade escolar estadual de ensino fundamental, ficando a oferta e a gestão desse serviço, exclusivamente, a cargo da administração municipal. A cidade de Ibaté cujo quadro de unidades estaduais de ensino fundamental é formado por quatro instituições de ensino as quais, conjuntamente, dispõem de 124 docentes, em 2007, atendeu a 2156 alunos do segundo ciclo. Itirapina que conta com uma única unidade pública de ensino fundamental, em 2007, através de seu corpo docente composto por 30 profissionais atendeu a cerca de 570 alunos.

De modo geral, nas pequenas cidades da microrregião, tais como, Descalvado, Dourado, Ribeirão Bonito e Itirapina, nota-se, com base nos dados disponibilizados pelo Censo Escolar 2007, que o quadro de unidades de ensino fundamental estadual de tais cidades é formado por apenas uma instituição de ensino cujo corpo docente varia entre 12 e 30 profissionais os quais atendem a um número máximo de 570 alunos matriculados no segundo ciclo. A cidade de Ribeirão Bonito foi a que apresentou o menor número de profissionais (12). Dourado, por sua vez, apresentou o menor número de matrículas (134).

Outro aspecto interessante diz respeito ao fato de que, com exceção de São Carlos, a oferta e a gestão do serviço de educação pública do primeiro ciclo fica a cargo das prefeituras municipais, restando ao poder público estadual a responsabilidade pela disponibilização e gerenciamento dos serviços ofertados pelas instituições de ensino fundamental do segundo ciclo (5<sup>a</sup> à 9<sup>a</sup> série).

### 3.3 População e amostra

A população do presente estudo de caso é formada pelas instituições de ensino fundamental que compõem a rede pública estadual presentes na microrregião de São Carlos, SP. A amostra foi definida por critério de acessibilidade às variáveis utilizadas pela modelagem DEA no processo de aferição dos índices de eficiência relativa das unidades escolares, baseando-se, portanto, em procedimentos não probabilísticos. Sendo assim, a amostra do presente estudo é formada por 26 instituições de ensino fundamental do segundo ciclo (5ª à 9ª série) presentes em seis das sete cidades da referida microrregião. A Tabela 1, a seguir, relaciona as DMUs escolares, que compõem a amostra da pesquisa, e seus respectivos valores apresentados para as variáveis *input* e *output* selecionadas.

Tabela 1. Valores das variáveis *input* e *output* para as DMUs componentes da amostra da pesquisa

UNIDADES ESCOLARES DE ENSINO FUNDAMENTAL		INPUTS			OUTPUTS			
		I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4
DMU 1	Prof. Adail Malmegrim Gonçalves	5,3	94,1	17,6	91,0	236,67	4,1	2,35
DMU 2	Profa. Alice Madeira João Francisco	5,3	100,0	18,0	93,0	214,24	3,5	2,31
DMU 3	Prof. Álvaro Guião	5,3	100,0	2,8	98,1	276,64	5,8	4,86
DMU 4	Antônio Militão de Lima	5,3	100,0	2,7	98,4	269,38	5,6	4,31
DMU 5	Dona Aracy Leite Pereira Lopes	9,2	100,0	37,0	75,4	220,14	2,9	1,72
DMU 6	Prof. Archimedes Aristeu Mendes de Carvalho	4,9	100,0	14,8	94,5	234,99	4,2	2,19
DMU 7	Prof. Arlindo Bittencourt	5,3	100,0	9,8	89,0	264,17	4,9	3,65
DMU 8	Attilia Prado Margarido	5,3	100,0	16,9	80,8	240,33	3,8	2,48
DMU 9	Esterina Placco	8,7	100,0	22,4	80,0	233,94	3,5	1,82
DMU 10	Prof. Gabriel Félix do Amaral	5,1	100,0	20,7	85,7	241,97	4,0	2,95
DMU 11	Jesuino de Arruda	5,3	100,0	3,0	96,9	255,16	5,0	3,47
DMU 12	Prof. João Jorge Marmorato	5,0	100,0	11,8	95,1	240,13	4,4	3,17
DMU 13	Prof. José Juliano Neto	5,3	100,0	12,9	83,7	248,32	4,1	3,11
DMU 14	Prof. Ludgero Braga	5,3	100,0	15,6	88,1	232,04	3,8	2,78
DMU 15	Profa. Maria Ramos	5,1	96,8	14,7	83,9	236,99	3,8	2,67
DMU 16	Prof. Marivaldo Carlos Degan	5,1	100,0	28,5	88,2	222,89	3,5	1,78
DMU 17	Prof. Orlando Perez	5,0	100,0	20,1	81,1	241,67	3,8	2,19
DMU 18	Prof. Sebastião de Oliveira Rocha	8,5	100,0	25,4	82,5	252,95	4,1	2,98
DMU 19	José Ferreira da Silva (Descalvado)	5,0	100,0	10,9	93,4	257,73	5,0	3,62
DMU 20	Dr. Salles Júnior (Dourado)	9,2	100,0	18,7	93,7	245,02	4,5	2,53
DMU 21	André Donatoni (Ibaté)	8,4	100,0	24,9	83,8	237,64	3,8	1,91
DMU 22	Edésio Castanho (Ibaté)	5,1	100,0	20,5	87,8	245,36	4,2	3,13
DMU 23	Fúlvio Morganti (Ibaté)	5,2	100,0	21,4	90,3	247,45	4,4	3,67
DMU 24	Orlando da Costa Telles (Ibaté)	5,3	100,0	18,4	87,8	248,83	4,2	3,06
DMU 25	Prof. Joaquim de Toledo Camargo (Itirapina)	5,3	100,0	15,9	94,1	247,25	4,6	3,02
DMU 26	Dr. Pirajá da Silva (Rib. Bonito)	5,3	100,0	23,7	74,8	214,20	2,8	1,43

Fonte: Adaptado INEP/MEC; SEE-SP

A cidade de Corumbataí, pelo fato de não possuir, em seu quadro escolar unidades estaduais de ensino fundamental, não participou da composição da amostra. Deve-se salientar,

no entanto, que, na referida cidade, as unidades de ensino fundamental público ficam sob a responsabilidade da gestão municipal. Diferentemente, São Carlos, entre as demais cidades da microrregião, foi a que mais contribuiu para a composição da amostra. Nela serão analisadas 18 instituições de ensino. Das unidades de ensino fundamental do segundo ciclo (5<sup>a</sup> à 9<sup>a</sup>), em São Carlos, apenas a escola Conde do Pinhal não fora relacionada. Isso se deve, entre outros fatores, à inexistência de informações acerca de seu desempenho obtido na última avaliação realizada pelo governo federal (Prova Brasil – 2007), uma vez que esta é uma das fontes das variáveis aplicadas pela modelagem DEA.

### **3.4 Caracterização dos instrumentos de pesquisa**

No processo de aferição dos níveis de eficiência das unidades escolares que compõem a amostra da pesquisa, a aplicação dos modelos DEA selecionados segue uma seqüência lógica de etapas, as quais são: o primeiro passo diz respeito à seleção das unidades produtivas, representadas pelas instituições de ensino fundamental do segundo ciclo (5<sup>a</sup> à 9<sup>a</sup> série). Em seguida, com base nos processos produtivos identificam-se as variáveis *inputs* e *outputs* que servirão de base para quantificação dos índices a que o trabalho se propusera aferir.

Isto posto, na etapa seguinte realizam-se as formulações e a execução dos modelos CCR-OO e BCC-OO a partir da operacionalização do *software* EMS 1.3.0 com base no modelo de duas etapas. Assim, parte-se para a etapa de validação dos resultados que consiste em apurar se as informações e os dados gerados condizem com a realidade observada. Finalmente, definem-se os planos de ação com melhorias necessárias a fim de proporcionar ganhos de desempenho para que as unidades ineficientes tornem-se eficientes.

### **3.5 Procedimentos de coleta e de análise de dados**

As variáveis escolhidas para a geração dos índices de eficiência das unidades escolares são de natureza secundária e foram obtidas a partir de pesquisas *on-line* nos sítios dos órgãos responsáveis pela gestão e pelo estabelecimento das diretrizes e das metas de qualidade do ensino público nas esferas estadual e federal os quais são, respectivamente, a Secretaria do

Estado da Educação de São Paulo (SEE) e o Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Os dados (variáveis) necessários à aplicação dos modelos propostos constam dos relatórios elaborados pelos órgãos acima citados, em 2007, a partir da aplicação de avaliações a fim de se aferir o nível de qualidade do ensino público ofertado pelas instituições de ensino fundamental as quais são: Prova Brasil e IDESP.

A análise dos dados e a geração dos índices propostos resultam da aplicação dos modelos DEA a partir da operacionalização do *software* EMS<sup>1</sup> 1.3.0 com base no modelo de duas etapas.

---

<sup>1</sup> O termo EMS equivale à expressão abreviada, em inglês, Efficiency Measurement System a qual pode ser traduzida para o português como Sistema de Mensuração de Eficiência

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação das técnicas do modelo CCR-OO para as 26 unidades escolares que compõem a amostra da pesquisa, obtiveram-se os resultados dos escores de eficiência ilustrados na Tabela 2. A aplicação do modelo CCR-OO permite observar que dentre as 26 unidades escolares, cinco são eficientes, ou seja, 19,23% do total analisado. As DMUs escolares eficientes para o referido modelo são as seguintes: **DMUs 3, 4, 6 e 19**.

Tabela 2: Escores de Eficiência das DMUs para o modelo CCR-OO

DMUs	ESCORES DE EFICIÊNCIA
DMU 1	0,9825
DMU 2	0,9419
DMU 3	1
DMU 4	1
DMU 5	0,7433
DMU 6	1
DMU 7	0,9528
DMU 8	0,8489
DMU 9	0,8175
DMU 10	0,8999
DMU 11	0,9845
DMU 12	1
DMU 13	0,8859
DMU 14	0,8831
DMU 15	0,8767
DMU 16	0,9065
DMU 17	0,9201
DMU 18	0,9063
DMU 19	1
DMU 20	0,9498
DMU 21	0,8359
DMU 22	0,9207
DMU 23	0,9237
DMU 24	0,8882
DMU 25	0,9543
DMU 26	0,7085
Eficiência Média	0,9127
Mediana	0,9204

Nota-se que São Carlos (SP), a maior cidade da microrregião, concentra o maior número de unidades escolares eficientes (4), o que corresponde a 80% do total apurado de DMUs eficientes. No entanto, também compõem o quadro de instituições de ensino público

fundamental da referida cidade as **DMUs 5 e 9**, as quais apresentam, respectivamente, o penúltimo e o antepenúltimo escores de eficiência. Ainda de acordo com a Tabela 2, constata-se que 12 unidades escolares, ou seja, cerca de 46% do total da amostra, possuem escores de eficiência abaixo da média aferida (0,9127), sendo a **DMU 26** a instituição de ensino com o menor escore de eficiência (0,7085) apurado.

Com base nos resultados dispostos na Tabela 2, elaborou-se um ranking de eficiência com a finalidade de facilitar a visualização dos escores e, sobretudo, de permitir que sejam melhor contrastadas as medidas de eficiência obtidas por cada uma das DMUs analisadas segundo o modelo CCR-OO.

Tabela 3: Classificação das DMUs por nível decrescente de eficiência para o modelo CCR-OO

<b>DMUs</b>	<b>ESCORES DE EFICIÊNCIA</b>
<b>DMU 3</b>	1
<b>DMU 4</b>	1
<b>DMU 6</b>	1
<b>DMU 19</b>	1
<b>DMU 12</b>	1
<b>DMU 11</b>	0,9845
<b>DMU 1</b>	0,9825
<b>DMU 25</b>	0,9543
<b>DMU 7</b>	0,9528
<b>DMU 20</b>	0,9498
<b>DMU 2</b>	0,9419
<b>DMU 23</b>	0,9237
<b>DMU 22</b>	0,9207
<b>DMU 17</b>	0,9201
<b>DMU 16</b>	0,9065
<b>DMU 18</b>	0,9063
<b>DMU 10</b>	0,8999
<b>DMU 24</b>	0,8882
<b>DMU 13</b>	0,8859
<b>DMU 14</b>	0,8831
<b>DMU 15</b>	0,8767
<b>DMU 8</b>	0,8489
<b>DMU 21</b>	0,8359
<b>DMU 9</b>	0,8175
<b>DMU 5</b>	0,7434
<b>DMU 26</b>	0,7085

Na Tabela 3, por exemplo, quando são avaliados os dez maiores escores de eficiência, nota-se que sete deles pertencem às unidades escolares da cidade de São Carlos (SP). Por outro lado, constata-se também que o mesmo fato ocorre quando são avaliados os dez piores índices de eficiência apurados.

A aplicação do modelo CCR-OO além de permitir que sejam calculados, para cada DMU do conjunto analisado, os respectivos níveis de eficiência relativa, possibilita também a aferição das folgas apresentadas, tanto nos níveis dos *inputs* quanto nos dos *outputs*, pelas unidades ineficientes da amostra. Desse modo, podem-se determinar, segundo a orientação dada ao modelo, potenciais reduções e/ou aumentos necessários, respectivamente, nas quantidades dos insumos e dos produtos em cada processo produtivo dado como ineficiente. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta o número de unidades que se deve aumentar os níveis dos *outputs* gerados com vistas à otimização dos processos desenvolvidos pelas DMUs do conjunto ineficiente.

Tabela 4: Folgas nos níveis das variáveis das DMUs do conjunto ineficientes para o modelo CCR-OO

DMUs	I 1	I 2	I 3	O 1	O 2	O 3	O 4
DMU 1	0,313	0	15,059	0	12,67	1,098	1,665
DMU 2	0	0	15,3	0	42,7	1,897	1,866
DMU 5	3,9	0	34,2	3,348	0	2,156	2,699
DMU 7	0	0	7	4,899	0	0,669	1,038
DMU 8	0	0	14,1	5,092	0	1,426	2,005
DMU 9	3,4	0	19,6	3,498	0	1,661	2,708
DMU 10	0	3,774	18,006	0,116	0	1,181	1,431
DMU 11	0	0	0,3	0	10,27	0,523	0,786
DMU 13	0	0	10,1	4,854	0	1,232	1,395
DMU 14	0	0	12,9	0	10,212	1,356	1,205
DMU 15	0	0,574	12,006	0,157	0	1,313	1,678
DMU 16	0	0	19,75	0	8,446	1,073	1,304
DMU 17	0	5,66	17,458	4,967	0	1,368	2,22
DMU 18	3,2	0	22,6	7,873	0	1,316	1,601
DMU 20	3,9	0	16	0	12,07	0,874	1,653
DMU 21	3,1	0	22,1	0,547	0	1,376	2,637
DMU 22	0	1,36	14,285	0	0	0,847	0,887
DMU 23	0	0	15,607	0	0	0,667	0,248
DMU 24	0	0	15,6	0,487	0	1,131	1,458
DMU 25	0	0	13,2	0	10,832	0,79	1,152
DMU 26	0	0	20,9	1,496	0	2,184	3,013
<b>MÉDIA</b>	0,85	0,54	16,00	1,78	5,10	1,24	1,65

Com base na análise das folgas nos níveis dos *outputs* dadas pelo modelo CCR-OO, constata-se que para 57,14% do conjunto ineficiente foi apurado um potencial de aumento médio de 1,78 unidades para **O1**. A **DMU 18** cujo índice representa cerca de 4 vezes o valor médio apurado, isto é, 7,873 unidades foi a unidade escolar com maior potencial de aumento

para a variável em questão. Em contrapartida, ao apresentar folga de 0,116 unidade, o menor valor potencial de aumento para **O1** foi observado para a **DMU 10**.

Em relação a **O2**, constatou-se que 33,3% do conjunto ineficiente possui potencial de aumento médio de 5,1 unidades, sendo a **DMU 2** a unidade ineficiente com maior potencial de maximização para a variável (42,7 unidades) e a **DMU 16** com o menor valor potencial apurado (8,446 unidades). Para **O3** o valor médio de aumento potencial definido para o conjunto ineficiente foi da ordem de 1,24 unidades. O maior valor potencial de aumento observado para a variável em questão foi apresentado pela **DMU 26** cuja folga apurada foi de 2,184 unidades. Em contrapartida, o menor potencial de aumento foi apresentado pela **DMU 11** para a qual a folga observada foi de 0,523 unidade.

A partir das informações dispostas na Tabela 4, nota-se que, para o conjunto das unidades situadas fora da fronteira eficiente estimada, **O4** apresentou potencial médio de aumento de 1,65 unidades. A **DMU 26**, com folga apurada em 3,013 unidades, apresentou o maior potencial de aumento para a variável em questão. Em contrapartida, a **DMU 23**, com folga apurada de 0,248 unidade, foi a que apresentou o menor potencial.

Tratando-se de instituições de ensino fundamental e, sobretudo, por se conhecer as limitações em termos de recursos humanos, materiais e econômicos com as quais estas convivem, cotidianamente, no desempenho de suas atividades e no cumprimento de sua função social, com base na orientação dada ao modelo CCR, não seria pertinente propor possíveis reduções nas variáveis **I1** e **I2**.

Entretanto, para **I3**, uma vez que esta representa um efeito indesejável, pode-se propor uma redução média de 16 unidades para as DMUs ineficientes sem prejuízos aos respectivos escores de eficiência aferidos. O maior valor de folga para **I3** foi apurado para a **DMU 5** (34,2 unidades) e o menor para a **DMU 11** (0,3 unidades). Desse modo, constata-se que eventuais reduções nos níveis dos *inputs*, acima relacionados, não impactariam negativamente nos índices de eficiência das unidades que apresentam folgas de insumo. Fica claro, portanto, que tais fatores de produção estão sendo subutilizados.

A Tabela 5 destaca as unidades escolares ineficientes, seus respectivos *benchmarks*, bem como os coeficientes de eficiência marginal (pesos) das unidades referência, através dos quais é efetuado o cálculo da projeção das unidades ineficientes na fronteira fortemente eficiente.

Tabela 5: Benchmarks das DMUs ineficientes para o modelo CCR-OO

DMUs	BENCHMARKS
DMU 1	4 (0,941)
DMU 2	4 (1,000)
DMU 5	3 (1,000)
DMU 7	3 (1,000)
DMU 8	3 (1,000)
DMU 9	3 (1,000)
DMU 10	3 (0,962)
DMU 11	4 (1,000)
DMU 13	3 (1,000)
DMU 14	4 (1,000)
DMU 15	3 (0,962)
DMU 16	4 (0,500) 6 (0,500)
DMU 17	3 (0,943)
DMU 18	3 (1,000)
DMU 20	4 (1,000)
DMU 21	3 (1,000)
DMU 22	3 (0,560) 19 (0,426)
DMU 23	3 (0,748) 6 (0,244) 19 (0,007)
DMU 24	3 (1,000)
DMU 25	4 (1,000)
DMU 26	3 (1,000)

Ao serem analisadas as informações contidas na Tabela 5, nota-se que a **DMU 3** assume a posição de principal unidade de referência para as unidades escolares do conjunto ineficientes, sendo citada como tal em 14 oportunidades. A segunda instituição de ensino eficiente mais vezes referenciada foi a **DMU 4** a qual serviu de *benchmark* para sete DMUs ineficientes. As **DMUs 6 e 19**, por sua vez, serviram de referência em duas oportunidades. A única exceção foi a **DMU 12** que, mesmo sendo parte integrante da fronteira eficiente estimada, apresentando, portanto, desempenho superior ao das unidades escolares listadas na Tabela 5, não fora citada como referência em nenhuma ocasião.

Outro fato a ser observado diz respeito à possibilidade de mais de uma DMU eficiente servir de referência para uma mesma unidade do conjunto ineficiente. Nesses casos, nota-se que as unidades *benchmarks* apresentam diferentes pesos, ou seja, os coeficientes de eficiência marginal das unidades referência assumem valores distintos indicando, assim, a relevância que cada uma delas possui no processo de determinação das melhorias que se fazem necessárias às DMUs ineficientes, tendo-se em vista a projeção destas na fronteira eficiente estimada pelo modelo CCR-OO.

As sugestões de alterações necessárias nos níveis dos *inputs* e dos *outputs* propostas pelo modelo CCR para cada DMU ineficiente estão dispostas na Tabela 6. Nela são apresentados os valores que os níveis dos insumos e dos produtos (dependendo da orientação dada ao modelo) devem assumir para que as DMUs ineficientes passem a compor o conjunto formador da fronteira eficiente.

Para os *inputs* as melhorias são determinadas a partir da subtração das folgas apresentadas pelas unidades ineficientes de seus respectivos níveis de fatores de produção alocados, os quais estão dispostos na Tabela 1. Já para os *outputs*, estabelecem-se as melhorias para cada DMU do conjunto ineficiente com base na soma da folga apresentada na variável *output*, em questão, ao produto entre seu valor inicial e o respectivo escore de eficiência apurado.

Tabela 6: Metas para os *inputs* e *outputs* das DMUs do conjunto ineficiente para o modelo CCR-OO

DMUs	I 1	I 2	I 3	O 1	O 2	O 3	O 4
DMU 1	4,99	94,10	2,54	92,59	253,49	5,27	4,06
DMU 2	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
DMU 5	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 7	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 8	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 9	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 10	5,10	96,23	2,69	94,40	266,20	5,58	4,68
DMU 11	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
DMU 13	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 14	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
DMU 15	5,10	96,23	2,69	94,40	266,20	5,58	4,68
DMU 16	5,10	100,00	8,75	96,45	252,19	4,90	3,25
DMU 17	5,00	94,34	2,64	92,55	260,98	5,47	4,59
DMU 18	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 20	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
DMU 21	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 22	5,10	98,64	6,22	94,76	264,81	5,38	4,27
DMU 23	5,20	100,00	5,79	97,19	266,32	5,40	4,20
DMU 24	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
DMU 25	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
DMU 26	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86

Com base na orientação dada ao modelo CCR-OO, a análise das informações contidas na Tabela 6 permite observar que para o conjunto ineficiente o referido modelo estimou um aumento médio nos níveis das variáveis **O1**, **O2**, **O3** e **O4** de 12,45%; 12,72%; 41,40% e 72,69%, respectivamente.

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do modelo BCC-OO. Os escores de eficiência relativa das DMUs escolares para o referido modelo estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7: Escores de Eficiência das DMUs para o modelo BCC-OO

DMU	ESCORES DE EFICIÊNCIA
DMU 1	1
DMU 2	0,9419
DMU 3	1
DMU 4	1
DMU 5	0,7433
DMU 6	1
DMU 7	0,9528
DMU 8	0,8489
DMU 9	0,8175
DMU 10	0,9088
DMU 11	0,9845
DMU 12	1
DMU 13	0,8859
DMU 14	0,8831
DMU 15	1
DMU 16	0,9065
DMU 17	0,9335
DMU 18	0,9063
DMU 19	1
DMU 20	0,9498
DMU 21	0,8359
DMU 22	0,9239
DMU 23	0,9237
DMU 24	0,8882
DMU 25	0,9543
DMU 26	0,7085
Eficiência média	0,9191
Mediana	0,9287

A Tabela 7 permite observar que, para o modelo BCC-OO, sete unidades escolares são eficientes, as quais representam cerca de 27% do total das DMUs avaliadas. As DMUs eficientes, segundo o referido modelo, são as seguintes: **DMUs 1, 3, 4, 6, 12, 15 e 19**. Assim como para o modelo CCR-OO, nota-se que São Carlos (SP) é a cidade que mais unidades eficientes possui (6), número que representa cerca de 86% do total do conjunto eficiente.

Com base na análise da Tabela 7, constata-se que 11 DMUs (cerca de 58% do conjunto ineficiente) obtiveram escores de eficiência abaixo do valor médio (91,95%) apurado, sendo a **DMU 26**, novamente, a instituição de ensino com o menor escore de

eficiência (0,7085) apurado. De modo análogo ao procedimento utilizado para o modelo CCR-OO, abaixo, segue a Tabela 8 na qual podem ser melhor visualizados e contrastados os escores de eficiência das DMUs escolares para o modelo BCC-OO.

Tabela 8: Classificação das DMUs por nível decrescente de eficiência para o modelo BCC-OO

<b>DMU</b>	<b>ESCORES DE EFICIÊNCIA</b>
<b>DMU 3</b>	1
<b>DMU 4</b>	1
<b>DMU 19</b>	1
<b>DMU 6</b>	1
<b>DMU 1</b>	1
<b>DMU 12</b>	1
<b>DMU15</b>	1
<b>DMU 11</b>	0,9845
<b>DMU 25</b>	0,9543
<b>DMU 7</b>	0,9528
<b>DMU20</b>	0,9498
<b>DMU 2</b>	0,9419
<b>DMU 17</b>	0,9335
<b>DMU 22</b>	0,9239
<b>DMU 23</b>	0,9237
<b>DMU 10</b>	0,9088
<b>DMU 16</b>	0,9065
<b>DMU 18</b>	0,9063
<b>DMU 24</b>	0,8882
<b>DMU 13</b>	0,8859
<b>DMU 14</b>	0,8831
<b>DMU 8</b>	0,8489
<b>DMU 21</b>	0,8359
<b>DMU 9</b>	0,8175
<b>DMU 5</b>	0,7433
<b>DMU 26</b>	0,7085

Observando-se os dados dispostos na Tabela 8, constata-se que, dos dez maiores escores de eficiência definidos pelo modelo BCC-OO, oito pertencem às unidades escolares da cidade de São Carlos, SP. Em contrapartida, assim como para o modelo CCR-OO, percebe-se, novamente, que sete dos dez menores índices de eficiência apurados são atribuídos às escolas da referida cidade.

A Tabela 9 fornece a relação das unidades ineficientes e seus respectivos *benchmarks* para o modelo BCC-OO. Nela, também podem ser visualizados os valores dos coeficientes de eficiência marginal das unidades de referência. Percebe-se que a unidade eficiente mais vezes referenciada (12 oportunidades) pelo conjunto ineficiente foi, novamente, a **DMU 3**. Assim

como para o modelo CCR-OO, a segunda unidade mais vezes referenciada foi a **DMU 4**, a qual serviu de referência em 6 oportunidades. As **DMUs 19** e **6** foram referenciadas, respectivamente, em 4 e 2 oportunidades.

Ao contrário do que se observou para o modelo CCR-OO, no qual apenas uma unidade eficiente não fora referenciada, a aplicação do modelo BCC-OO identificou sete unidades formadoras da fronteira eficiente dentre as quais três não serviram de referência para as DMUs do conjunto ineficiente no processo de determinação das melhorias necessárias. As unidades eficientes não referenciadas são: **DMUs 1, 12 e 15**. Nota-se também que quatro DMUs do conjunto ineficientes possuem mais de uma unidade *benchmark* como referência.

Os coeficientes de eficiência marginal das unidades de referência, em 75% dos casos, assumem valores distintos, evidenciando, assim, os diferentes níveis de relevância de cada unidade *benchmark* no processo de determinação das melhorias necessárias a respectiva DMU ineficiente.

Tabela 9: Benchmarks das DMUs ineficientes para o modelo BCC-OO

<b>DMU</b>	<b>BENCHMARKS</b>
<b>DMU 2</b>	4 (1,000)
<b>DMU 5</b>	3 (1,000)
<b>DMU 7</b>	3 (1,000)
<b>DMU 8</b>	3 (1,000)
<b>DMU 9</b>	3 (1,000)
<b>DMU 10</b>	3 (0,333) 19 (0,667)
<b>DMU 11</b>	4 (1,000)
<b>DMU 13</b>	3 (1,000)
<b>DMU 14</b>	4 (1,000)
<b>DMU 16</b>	4 (0,500) 6 (0,500)
<b>DMU 17</b>	19 (1,000)
<b>DMU 18</b>	3 (1,000)
<b>DMU 20</b>	4 (1,000)
<b>DMU 21</b>	3 (1,000)
<b>DMU 22</b>	3 (0,333) 19 (0,667)
<b>DMU 23</b>	3 (0,748) 6 (0,244) 19 (0,007)
<b>DMU 24</b>	3 (1,000)
<b>DMU 25</b>	4 (1,000)
<b>DMU 26</b>	3 (1,000)

A aplicação do modelo BCC-OO, de modo análogo ao modelo com retornos constantes de escala, possibilita que para cada DMU da amostra sejam calculados os respectivos níveis de eficiência relativa e também as folgas apresentadas, tanto nos níveis de insumos quanto nos de produtos, pelas unidades ineficientes da amostra. A seguir, na Tabela

10, são destacadas as folgas apresentadas nos níveis das variáveis *input* e *output* pelas DMUs ineficientes segundo o modelo BCC-OO.

Tabela 10: Folgas nas variáveis *input* e *output* das DMUs ineficientes para o modelo BCC-OO

DMU	I 1	I 2	I 3	O 1	O 2	O 3	O 4
DMU 2	0	0	15,3	0	42,7	1,897	1,866
DMU 5	3,9	0	34,2	3,348	0	2,156	2,699
DMU 7	0	0	7	4,899	0	0,669	1,038
DMU 8	0	0	14,1	5,092	0	1,426	2,005
DMU 9	3,4	0	19,6	3,498	0	1,661	2,708
DMU 10	0	0	12,5	1,452	0	0,902	0,814
DMU 11	0	0	0,3	0	10,27	0,523	0,786
DMU 13	0	0	10,1	4,854	0	1,232	1,395
DMU 14	0	0	12,9	0	10,212	1,356	1,205
DMU 16	0	0	19,75	0	8,446	1,073	1,304
DMU 17	0	0	9,2	6,911	0	0,947	1,284
DMU 18	3,2	0	22,6	7,873	0	1,316	1,601
DMU 20	3,9	0	16	0	12,07	0,874	1,653
DMU 21	3,1	0	22,1	0,547	0	1,376	2,637
DMU 22	0	0	12,3	0,485	0	0,747	0,665
DMU 23	0	0	15,607	0	0	0,667	0,248
DMU 24	0	0	15,6	0,487	0	1,131	1,458
DMU 25	0	0	13,2	0	10,832	0,79	1,152
DMU 26	0	0	20,9	1,496	0	2,184	3,013
<b>MÉDIA</b>	0,92	0,00	15,43	2,15	4,98	1,21	1,55

Percebe-se que as DMUs listadas na Tabela 10, mesmo pertencendo ao conjunto ineficiente, no entanto, não apresentam folgas nos níveis de **I2** alocados. Para **I3**, já que esta representa um efeito indesejável, pode-se propor, segundo os resultados apresentados pela modelagem BCC-OO, uma redução média de 15,43 unidades para as DMUs do conjunto ineficientes, sem prejuízos aos respectivos índices de eficiência calculados.

Tal como observado para o modelo CCR-OO, o maior valor de folga de **I3** foi apurado para a **DMU 5** (34,2 unidades) e o menor para a **DMU 11** (0,3 unidades). Pode-se afirmar que eventuais reduções nos níveis dos *inputs* relacionados, na Tabela 10, não impactariam negativamente nos escores de eficiência das unidades que apresentam folga de insumos. Nesse sentido, torna-se evidente o fato de que os fatores de produção estão sendo subutilizados pelas DMUs escolares ineficientes.

Nota-se que para 63,16% do conjunto ineficiente (12 DMUs) foi constatada a existência um potencial médio de aumento de 2,15 unidades para **O1**. O maior valor de aumento potencial apurado para a variável em questão pertence à **DMU 18** cuja folga

apresentada foi de 7,87 unidades. Em relação a **O2**, constata-se que 31,5% do conjunto ineficiente apresentam potencial médio de aumento de 4,98 unidades, sendo a **DMU 2** (42,7 unidades) aquela com maior valor de folga apurado para tal variável.

Para **O3** o valor médio de aumento potencial com base na folga apresentada pelo conjunto ineficiente, segundo o modelo BCC-OO, foi de 1,21 unidades. Já para **O4** o valor médio das folgas apresentadas pelo conjunto ineficiente sugere um aumento potencial médio para a variável em questão de 1,55 unidades. Contrastando as informações acerca das folgas apresentadas pelas unidades ineficientes dispostas nas Tabelas 4 e 10, percebe-se que há pouca variação entre os valores calculados pelos modelos DEA, fato este que pode, novamente, explicar a proximidade entre os valores médios estimados por ambos os modelos utilizados na pesquisa.

Na Tabela 11, estão dispostos os valores calculados pelo modelo BCC-OO que cada variável *input* e *output* deve, necessariamente, assumir para que a respectiva DMU ineficiente passe a compor a fronteira eficiente. Para os *inputs* as melhorias são determinadas a partir da subtração das folgas apresentadas pelas unidades ineficientes de seus respectivos níveis de insumos alocados os quais estão dispostos na Tabela 1. Já para os *outputs*, estabelecem-se as melhorias para cada DMU ineficiente com base na soma da folga apresentada na variável *output*, em questão, ao produto entre seu valor inicial e o respectivo escore de eficiência apurado.

Tabela 11: Metas para os *inputs* e *outputs* das DMUs do conjunto ineficientes para o modelo BCC-OO

<b>DMU</b>	<b>I 1</b>	<b>I 2</b>	<b>I 3</b>	<b>O 1</b>	<b>O 2</b>	<b>O 3</b>	<b>O 4</b>
<b>DMU 2</b>	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 5</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 7</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 8</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 9</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 10</b>	5,10	100,00	8,20	94,97	264,03	5,27	4,03
<b>DMU 11</b>	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 13</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 14</b>	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 16</b>	5,10	100,00	8,75	96,45	252,19	4,90	3,25
<b>DMU 17</b>	5,00	100,00	10,90	93,40	257,73	5,00	3,62
<b>DMU 18</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 20</b>	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 21</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 22</b>	5,10	100,00	8,20	94,97	264,03	5,27	4,03
<b>DMU 23</b>	5,20	100,00	5,79	97,19	266,32	5,40	4,20
<b>DMU 24</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86

<b>DMU 25</b>	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 26</b>	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86

Com base na orientação dada ao modelo BCC-OO e na análise das informações contidas na Tabela 11, constata-se que a otimização dos processos e o conseqüente ganho de desempenho que se reflete em maiores níveis de eficiência por parte das DMUS acima relacionadas, estão condicionados à maximização dos níveis dos *outputs*. O aumento médio estimado pelo referido modelo para os níveis das variáveis **O1**, **O2**, **O3** e **O4** foi de 13,15%, 12,90%, 40,64% e 68,87%, respectivamente.

Uma vez estabelecida a razão entre os escores de eficiência calculados pelos modelos CCR-OO e BCC-OO, pôde-se determinar para cada DMU da amostra seus respectivos níveis de eficiência de escala a partir da seguinte igualdade:  $EE = E_{CCR-oo} / E_{BCC-oo}$ . A determinação dos escores de eficiência de escala, por sua vez, viabiliza a avaliação do porte da estrutura apresentado pelas DMUs. A relação  $EE \neq 1$  expõe a existência de ineficiência de escala e, conseqüentemente, evidencia que as estruturas não apresentam dimensões ideais, podendo estas, desse modo, estar sub ou superdimensionadas.

Com base no cálculo da razão entre os escores de eficiência dispostos nas Tabelas 2 e 7, constatou-se que as **DMUs 1** e **15** apresentam ineficiência de escala e suas respectivas estruturas encontram-se superdimensionadas. No entanto, estas possuem eficiência pura conforme indicam os escores de eficiência apurados pelo modelo BCC-OO dispostos na Tabela 7. As **DMUs 3, 4, 6, 12** e **19**, por sua vez, apresentam tanto eficiência de escala quanto eficiência pura e suas estruturas se encontram dispostas em porte ideal. As demais DMUs da amostra apresentam os dois tipos de ineficiência, isto é, tanto de escala quanto pura, encontrando-se suas respectivas estruturas superdimensionadas. Abaixo, representa-se, através do Gráfico 1, a determinação dos escores de eficiência de escala para o conjunto das DMUs da amostra.

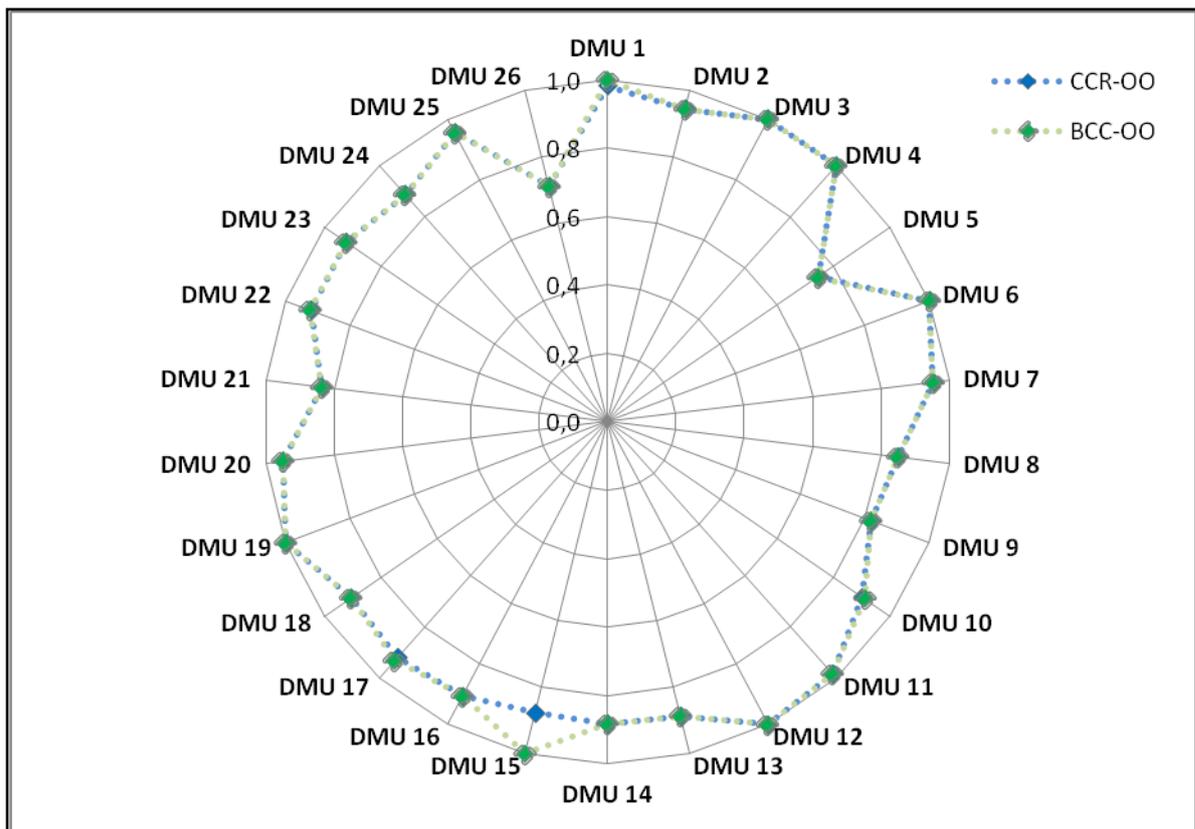


Gráfico 1: Escores de Eficiência de Escala

O Gráfico 2 representa a determinação do dimensionamento do porte das estruturas apresentado pelo conjunto de DMUs da amostra. A dimensão das estruturas de cada DMU é dada a partir da comparação estabelecida entre os escores de eficiência calculados pelo modelo BCC com base nas orientações IO e OO. Quando os valores dos escores para a orientação IO superam os da orientação OO, diz-se que as estruturas encontram-se superdimensionadas. Já quando os escores para IO superam os valores dos escores para a orientação OO, diz-se que as estruturas encontram-se subdimensionadas.

A partir da análise do Gráfico 2, constata-se que as **DMUs 3, 4, 6, 12, e 19** por possuírem eficiência de escala são as únicas a apresentar porte ideal. As demais unidades, uma vez que não há coincidência entre os escores de eficiência para ambas as orientações do modelo BCC, não dispõem de estruturas com dimensões ideais, estando todas estas, portanto, superdimensionadas.

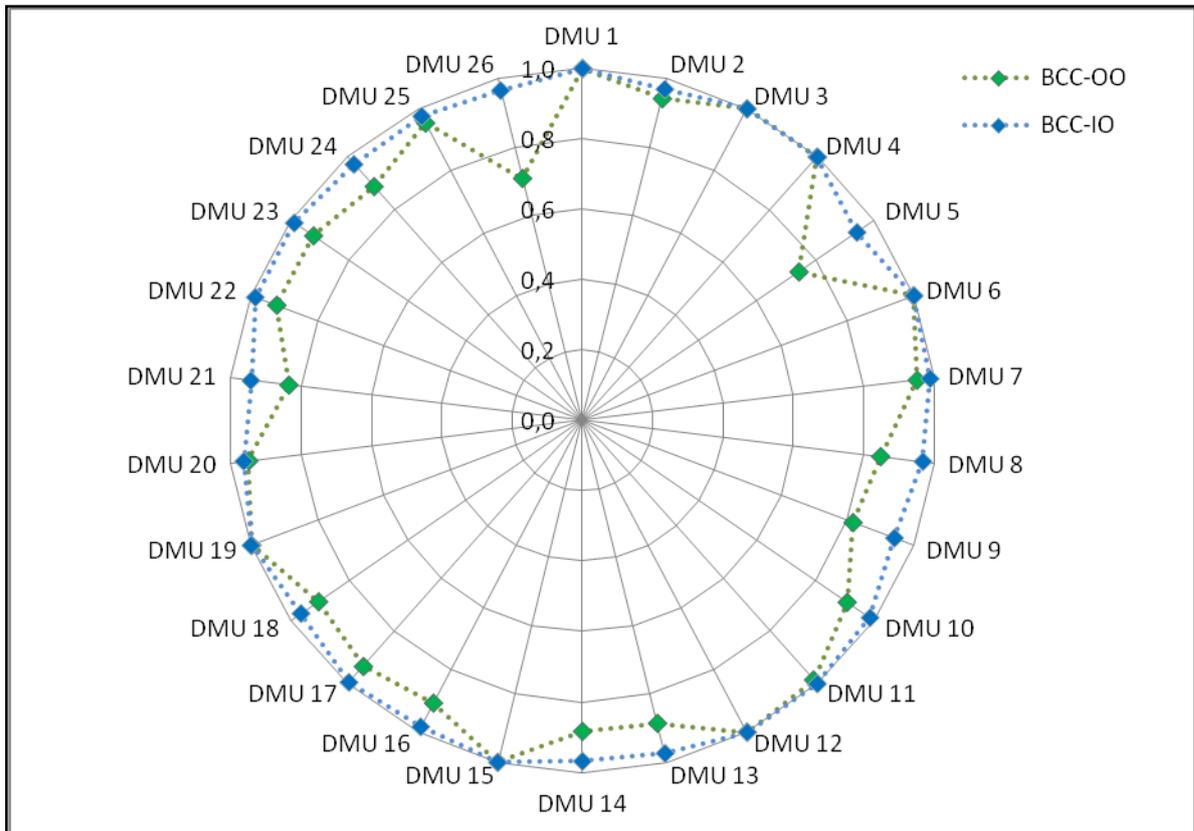


Gráfico 2: Dimensionamento das Estruturas das DMUs

<p>Para o modelo CCR-OO cinco unidades escolares foram consideradas eficientes, o que representa apenas 19,23% do total de DMUs avaliado. O escore médio de eficiência apurado pelo modelo foi de 0,9127, sendo que 12 unidades escolares, ou seja, cerca de 46% do total da amostra, obtiveram índices de eficiência abaixo da média aferida. Concluiu-se que a alocação dos <i>inputs</i> por parte das DMUs do conjunto ineficiente é caracterizada pela subutilização, ou seja, em caso de eventuais reduções nos níveis dos fatores de produção empregados, os escores de eficiência apurados não seriam afetados negativamente.</p>	<p>Aplicado o modelo BCC-OO, sete foram as instituições eficientes, representando, assim, cerca de 27% do total de DMUs avaliado. Onze delas, cerca de 57% do conjunto ineficiente, obtiveram escores de eficiência abaixo do valor médio apurado. O modelo também apontou que a partir de um valor médio mais baixo para <b>II</b>, as DMUs eficientes obtiveram melhores resultados nas avaliações voltadas à verificação da qualidade do ensino público ofertado pelas instituições de ensino estudadas, apresentando, portanto, valores médios mais elevados para todos os <i>outputs</i>.</p>
<p>Outra conclusão da aplicação do modelo CCR-OO diz respeito ao fato de que as unidades formadoras do conjunto eficiente apresentaram valores médios mais elevados para todos os <i>outputs</i> e para um dos <i>inputs</i> relacionados. Com uma relação horas/aula diária menor, as DMUs eficientes apresentaram não somente melhores resultados em termos do desempenho dos alunos nas avaliações propostas, como também uma menor distorção para a relação idade/série de seus alunos, isto é, as taxas de reprovação de tais instituições, ao longo das séries, são menores quando comparados às das unidades ineficientes.</p>	<p>Conclui-se a partir da aplicação da técnica DEA que maiores volumes de recursos destinados ao financiamento da educação nem sempre se refletem em qualidade na prestação desse serviço por parte do setor público. Mesmo sendo óbvia a correlação positiva entre a disponibilidade de recursos e os resultados obtidos pelo sistema educacional, tal relação se torna contraditória quando há indícios de ineficiência. Quando não solucionados os pontos de ineficiência das instituições de ensino, maiores quantidades de recursos não asseguram a otimização dos resultados. Quase sempre se traduzem em subutilização e desperdícios.</p>

Quadro 1: Resumo das conclusões da aplicação dos modelos DEA

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise da eficiência das instituições de ensino público fundamental, na microrregião de São Carlos - SP, pelos modelos DEA utilizados na pesquisa, evidencia a importante contribuição dessa ferramenta no estudo empírico do desempenho de unidades produtivas, sobretudo, do setor público caracterizado como um sistema complexo. Para a execução do método de pesquisa proposto, utilizaram-se as variáveis *input* e *output* relacionadas, as quais foram definidas a partir do critério de acessibilidade.

E, embora a contribuição dos dados coletados para a análise dos níveis de eficiência não seja exaustiva, os resultados obtidos permitem aos órgãos responsáveis pela gestão dos serviços educacionais, sobretudo, na esfera estadual, realizar importantes reflexões acerca da qualidade do ensino ofertado, dos desempenhos alcançados pelos alunos e, conseqüentemente, pelas instituições de ensino nas avaliações propostas tanto MEC quanto pela SEE-SP.

### 5.1 Conclusões Gerais

Constatou-se que para o modelo CCR-OO cinco unidades escolares foram consideradas eficientes, o que representa apenas 19,23% do total de DMUs avaliado. O escore médio de eficiência apurado pelo referido modelo foi de 0,9127, sendo que 12 unidades escolares, ou seja, cerca de 46% do total da amostra, obtiveram índices de eficiência abaixo da média aferida.

Quanto às folgas apresentadas nos níveis dos *inputs* e *outputs*, o modelo permitiu observar que a ineficiência não está condicionada à existência de folgas em todas as variáveis selecionadas. Concluiu-se que a alocação dos *inputs* por parte das DMUs do conjunto ineficiente é caracterizada pela subutilização, ou seja, em caso de eventuais reduções nos níveis dos fatores de produção empregados, os escores de eficiência apurados não seriam afetados negativamente.

Outra conclusão a que se chegou através da aplicação do modelo CCR-OO diz respeito ao fato de que as unidades formadoras do conjunto eficiente apresentaram valores médios mais elevados para todos os *outputs* e para um dos *inputs* relacionados. Apenas para

as variáveis **I1** e **I3**, a qual representa um efeito indesejável por se tratar da defasagem idade/série, as demais unidades da amostra obtiveram valores médios mais altos. Portanto, com uma relação horas/aula diária menor, as DMUs eficientes apresentaram não somente melhores resultados em termos do desempenho dos alunos nas avaliações propostas pelos órgãos responsáveis pela gestão do ensino público, como também uma menor distorção para a relação idade/série de seus alunos, isto é, os índices de reprovação de tais instituições, ao longo das séries, são menores quando comparados aos das unidades ineficientes.

Com base nos índices de eficiência marginal apresentados pelas unidades *benchmarks*, pôde-se constatar a relevância atribuída a cada unidade eficiente no processo de determinação das melhorias que se fazem necessárias para que as DMUs ineficientes obtenham ganhos de desempenho, tornando-se eficientes.

Quando aplicado o modelo BCC-OO, o número de instituições de ensino consideradas eficientes sofreu um acréscimo de duas unidades, subindo de cinco para sete, representando, assim, cerca de 27% do total de DMUs avaliado. Para 11 DMUs, cerca de 57% do conjunto ineficiente, os escores de eficiência ficaram abaixo do valor médio apurado. Ao se comparar os resultados dos escores de eficiência relativa dispostos nas Tabelas 2 e 7, notou-se que 21 DMUs (80,77% da amostra), apresentaram os mesmos valores para os índices de eficiência apurados por ambos os modelos DEA. Tal fato explica a proximidade observada entre os valores médios das medidas de eficiência calculadas por ambos os modelos.

Outra conclusão estabelecida a partir da aplicação do modelo BCC-OO e da análise dos escores de eficiência das DMUs dispostos nas Tabelas 2 e 8, diz respeito ao fato de que somente as unidades escolares de São Carlos e Ibaté apresentaram evolução no valor médio dos índices de eficiência, 2,72% e 0,9%, respectivamente. A modelagem BCC-OO também constatou que a ineficiência não está relacionada à existência de folgas nos níveis de todas as variáveis selecionadas, sendo que, por exemplo, para **I2** nenhuma das 19 DMUs do conjunto ineficiente apresentou característica de subutilização.

O modelo BCC-OO também apontou que as DMUs do conjunto eficiente, a partir de um valor médio mais baixo para **I1**, obtiveram melhores desempenhos quanto aos resultados alcançados nas avaliações voltadas à verificação da qualidade do ensino público ofertado pelas instituições de ensino estudadas, apresentando, portanto, valores médios mais elevados para todos os *outputs*.

Com base no cálculo dos escores de eficiência de escala, constatou-se que apenas cinco DMUs, ou seja, 19,23% do total da amostra, possuem estruturas com dimensões ideais. Fato este que expõe a importância da criação de mecanismos eficientes destinados à determinação das origens das folgas apresentadas pelas estruturas das DMUs que se encontram superdimensionadas. Nesse sentido, o estudo aponta como um dos fatores determinantes do superdimensionamento das estruturas das DMUs a existência de folgas nos níveis de alocação dos insumos pelas unidades ineficientes como constatado por ambos os modelos aplicados.

Em suma, pode-se concluir a partir da aplicação da técnica DEA que maiores volumes de recursos destinados ao financiamento da educação nem sempre se refletem em qualidade na prestação desse serviço por parte do setor público. Sendo assim, com base nos resultados apresentados, conclui-se que mesmo sendo óbvia a correlação positiva entre a disponibilidade de recursos e os resultados obtidos pelo sistema educacional, tal relação se torna contraditória quando há indícios de ineficiência. Portanto, a alocação de maiores quantidades de fatores de produção, quando não solucionados os pontos de ineficiência das instituições de ensino, não asseguram a otimização dos resultados, isto é, maiores quantidades de recursos destinados às unidades ineficientes quase sempre se traduzem em subutilização e desperdícios.

Aqui, deve-se destacar que a variável contexto socioeconômico, não fora relacionada para o conjunto de DMUs devido à indisponibilidade de instrumentos que permitissem o acesso a tais dados relativos às unidades componentes da amostra da pesquisa, constituindo, assim, uma limitação à análise realizada pelo estudo ao não ser levado em consideração o papel do entorno na determinação dos níveis de eficiência das instituições de ensino.

Cumpram-se ressaltar que o método não-paramétrico em questão, por se tratar de uma técnica determinística, é muito susceptível às observações, estando, assim, condicionada ao conjunto das unidades avaliadas, às variáveis selecionadas e ao princípio de que todos os demais fatores envolvidos são idênticos. Tendo em vista melhorar a capacidade discriminatória do modelo, deve-se adotar o critério de Banker *et. al* (1989) segundo o qual o número de DMUs deve superar no mínimo em três vezes a soma dos *inputs* e *outputs* relacionados. Assim, a técnica de Análise Envoltória de Dados, como instrumento de análise da eficiência de unidades produtivas, permite orientar a discussão acerca dos processos de planejamento, organização e controle das ações com vistas à consecução efetiva das metas traçadas pelas organizações.

## **5.2 Recomendações de Políticas Públicas**

Com vistas à melhoria na qualidade do ensino ofertado pelas instituições públicas de educação fundamental, pode-se sugerir a criação de políticas públicas voltadas, sobretudo, à valorização dos profissionais da educação e dos próprios alunos. Não se trata apenas de garantir melhorias salariais, mas sim de se criar condições efetivas que assegurem o exercício pleno da profissão e do aprendizado, tais como, escolas dotadas de infra-estrutura adequada capazes de oferecer, em tempo integral, um ambiente ideal para a aprendizagem no qual as crianças fossem estimuladas à busca permanente pelo saber com base na relativização dos conteúdos ministrados com a prática da vida cotidiana; programas de incentivo à qualificação continuada dos docentes tendo em vista a permanente atualização dos conteúdos ministrados e das práticas pedagógicas; reforma nas grades curriculares dos cursos de educação nas universidades públicas com a finalidade de garantir a formação de profissionais gabaritados e aptos para o exercício da profissão; valorização dos melhores alunos com a oferta de bolsas de estudos de especialização, entre outras medidas.

Alternativamente, pode-se incentivar por meio da atuação conjunta das Organizações Sociais a criação de mecanismos de fomento à maior participação dos membros da família nas atividades desenvolvidas no ambiente escolar, uma vez que iniciativas desse tipo já demonstram ser efetivas para o estabelecimento de uma nova perspectiva acerca do papel desempenhado pela escola na sociedade. Como resultado de tais ações, constata-se a redução da violência no ambiente escolar, mudança na percepção dos alunos quanto ao seu papel perante o processo de aprendizagem e melhor desempenho escolar dos alunos que se reflete em melhores notas nas avaliações propostas acerca da qualidade do ensino público.

## **5.3 Sugestões de Pesquisa**

Sugestionam-se estudos acerca da aferição do real alcance das políticas públicas que visam à melhoria da qualidade do ensino gratuito ofertado, da identificação dos custos e dos principais entraves ao processo de reestruturação da escola pública e ao ensino de excelência, e do papel desempenhado pelos alunos no processo conjunto de construção do saber teórico e prático.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- ARAÚJO, P.L.C.P. **Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Regressão Quantílica**. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v.30, n.9, 1984. *Apud* PEÑA, C.R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. SWARTS, J. and THOMAS, D. (1989), An Introduction to Data Envelopment Analysis With Some Models and Their Uses. *Research in Government And Non-Profit Accounting*, Vol. 5, pp. 125-164.
- BELLONI, J.A. Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidades Federais Brasileiras. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Brasília, DF, 20 dez. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19394.htm)>. Acesso em: 22 set. 2009.
- CHARNES, A. *at al.* Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications. USA: Kluwer Academic Publishers. 1994. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RODHERS, E. Measuring the efficiency on Decision Marking Units. *European Journal of Operational Research*, v. 2(6), p.429-444, 1978. *Apud* PEÑA, C.R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.

COELLI, T; RAO, D.S.P; BATTESE, G.E. An introduction to efficiency and productivity analysis. London: Kluwer Academic Publishers. 1997. 275 p. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

COLL SERRANO, V.; BLASCO, O. M. Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envoltante de datos. Introducción a los modelos básicos. Valencia: Universidad de Valencia, 2006. Disponível em: < <http://www.eumed.net/>>. Acesso em: 22 Set. 2008. *Apud* PEÑA, C.R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.

DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. *Econometric*, 19, p.14-22, 1951. *Apud* PEÑA, C.R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.

FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, A CXX*, Part 3. 1957. *Apud* ARAÚJO, P.L.C.P. Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Regressão Quantílica. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GASPARIN, G; TOREZZAN, J. Ação voluntária de professor e pais melhora escola em São Paulo. Folha de São Paulo, São Paulo, 20 mar. 2009. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/foalha/educacao/ult305u537784.shtml>>. Acesso em: 20 mar. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinte\\_seindicisociais2004/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinte_seindicisociais2004/default.shtm)>. Acesso em: 25 out. 2009.

KASSAI, S. Utilização da análise envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis. 2002. 318 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

KOOPMANS, T.C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: KOOPMANS, T. C. (Ed). *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13. New York: Johon Wiley and Sons, Inc, 1951. *Apud* ARAÚJO, P.L.C.P. Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios: Análise Envoltória de Dados (DEA) e Regressão Quantílica. 2007. 63 f. Dissertação

(Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MANKIW, N.G. Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia. Rio de Janeiro: Campus, 2001

MELLO, J.C.C.B.S. de; GOMES, E.G; ASSIS, A. S; MORAIS, D.P (2005.a). Eficiência como medida de desempenho de unidades policiais. Revista Produção online. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC – Brasil. ISSN 1676 – 1901/Vol.5/Num.3/Setembro/2005. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MELLO, J.C.C.B.S. de; MEZA, L.A; GOMES, E.G; NETO, L.B. (2005). Curso de análise envoltória de dados.XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado RS, de 27 a 30/09/2005. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

NIEDERAUER, Carlos Alberto Pittaluga (1998). Avaliação dos bolsistas de produtividade em pesquisa da engenharia de produção utilizando data envelopment analysis, Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. *Apud* ARAÚJO, C.E.F. Análise de eficiência nos custos operacionais de rotas do transporte escolar rural. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PEÑA, C.R. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). RAC, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 83-106, Jan./Mar. 2008.

PROITE, A.S; SAMPAIO, M.C. de. (2004). Eficiência Técnica, Economias de Escala, Estrutura de Produtividade e Tipo de Gestão no Sistema Hospitalar Brasileiro. Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia. *Apud* ARAÚJO, P.L.C.P. Eficiência Tributária Municipal em Dois Estágios: Análise Envoltória de Dados (DEA) e regressão Quantílica. 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

Saiba quais são as escolas com piores notas de 8ª série no Idesp. Folha de S. Paulo, São Paulo, 15 maio. 2008. Folha Educação. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/educaçao/ult305u402365.shtml>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

VERGARA, S.C. Projetos e Relatório de Pesquisa em Administração. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

## GLOSSÁRIO

CRS – *Constant Returns to Scale* (Retornos Constantes de Escala)

DMU – *Decision Making Unit* (Unidade Tomadora de Decisão)

EMS – *Efficiency Measurement System* (Sistema de Mensuração de Eficiência)

INPUT - Insumo

IO – *Input Orientation* (Orientado ao Input)

OUTPUT - Produto

OO – *Output Orientation* (Orientado ao Output)

VRS – *Variable Returns to Scale* (Retornos Variáveis de Escala)

## APÊNDICES

### Apêndice A – Resultados Modelo CCR-OO

#### Resultados modelo CCR-OO

DMUs	Score	Pesos Inputs			Pesos Outputs				Unidades de Referência	Folgas Inputs			Folgas Outputs				Metas							
		I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	Benchmarks	I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	
DMU 1	0,9825	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (0,941)	0,313	0	15,059	0	12,67	1,098	1,665	4,99	94,10	2,54	92,59	253,49	5,27	4,06	
DMU 2	0,9419	0,26	0,74	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0	0	15,3	0	42,7	1,897	1,866	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
DMU 3	1,0000	0,46	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	14	0	0	0	0	0	0	0	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 4	1,0000	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	7	0	0	0	0	0	0	0	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
DMU 5	0,7434	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,9	0	34,2	3,348	0	2,156	2,699	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 6	1,0000	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2	0	0	0	0	0	0	0	4,90	100,00	14,80	94,50	234,99	4,20	2,19	
DMU 7	0,9528	0,40	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0	0	7	4,899	0	0,669	1,038	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 8	0,8489	0,38	0,62	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0	0	14,1	5,092	0	1,426	2,005	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 9	0,8175	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,4	0	19,6	3,498	0	1,661	2,708	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 10	0,8999	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (0,962)	0	3,774	18,006	0,116	0	1,181	1,431	5,10	96,23	2,69	94,40	266,20	5,58	4,68	
DMU 11	0,9845	0,30	0,70	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0	0	0,3	0	10,27	0,523	0,786	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
DMU 12	1,0000	1,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	5,00	100,00	11,80	95,10	240,13	4,40	3,17	
DMU 13	0,8859	0,47	0,53	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0	0	10,1	4,854	0	1,232	1,395	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 14	0,8831	0,24	0,76	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0	0	12,9	0	10,212	1,356	1,205	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
DMU 15	0,8767	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (0,962)	0	0,574	12,006	0,157	0	1,313	1,678	5,10	96,23	2,69	94,40	266,20	5,58	4,68	
DMU 16	0,9065	0,52	0,48	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (0,500) 6 (0,500)	0	0	19,75	0	8,446	1,073	1,304	5,10	100,00	8,75	96,45	252,19	4,90	3,25	
DMU 17	0,9201	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (0,943)	0	5,66	17,458	4,967	0	1,368	2,22	5,00	94,34	2,64	92,55	260,98	5,47	4,59	
DMU 18	0,9063	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,2	0	22,6	7,873	0	1,316	1,601	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
DMU 19	1,0000	1,00	0,00	0,00	0,66	0,34	0,00	0,00	2	0	0	0	0	0	0	0	5,00	100,00	10,90	93,40	257,73	5,00	3,62	
DMU 20	0,9498	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	3,9	0	16	0	12,07	0,874	1,653	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
DMU 21	0,8359	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,1	0	22,1	0,547	0	1,376	2,637	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	

<b>DMU 22</b>	0,9207	1,00	0,00	0,00	0,58	0,42	0,00	0,00	3 (0,560) 19 (0,426)	0	1,36	14,285	0	0	0,847	0,887	5,10	98,64	6,22	94,76	264,81	5,38	4,27
<b>DMU 23</b>	0,9237	0,96	0,04	0,00	0,69	0,31	0,00	0,00	3 (0,748) 6 (0,244) 19 (0,007)	0	0	15,607	0	0	0,667	0,248	5,20	100,00	5,79	97,19	266,32	5,40	4,20
<b>DMU 24</b>	0,8882	0,43	0,57	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0	0	15,6	0,487	0	1,131	1,458	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 25</b>	0,9543	0,28	0,72	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0	0	13,2	0	10,832	0,79	1,152	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 26</b>	0,7085	0,33	0,67	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0	0	20,9	1,496	0	2,184	3,013	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>MÉDIA</b>	0,9127	0,46	0,50	0,04	0,46	0,50	0,00	0,04		0,69	0,44	12,93	1,44	4,12	1,01	1,33	5,20	99,21	4,35	96,80	267,14	5,49	4,35

## Apêndice B – Resultados Modelo BCC-OO

### Resultados modelo BCC-OO

DMUs	Score	Pesos Inputs			Pesos Outputs				Unidades de Referência	Folgas Input			Folgas Output				Metas							
		I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	Benchmarks	I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	I1	I2	I3	O1	O2	O3	O4	
<b>DMU 1</b>	1,0000	0,00	1,00	0,00	0,20	0,00	0,79	0,01	0	0,0	0	0,00	0	0	0	0	5,30	94,10	17,60	91,00	236,67	4,10	2,35	
<b>DMU 2</b>	0,9419	0,38	0,62	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0,0	0	15,30	0,000	42,700	1,897	1,866	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
<b>DMU 3</b>	1,0000	0,32	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	12	0,0	0	0,00	0	0	0	0	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 4</b>	1,0000	0,00	0,00	1,00	0,99	0,00	0,00	0,00	6	0,0	0	0,00	0	0	0	0	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
<b>DMU 5</b>	0,7433	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,9	0	34,20	3,348	0	2,156	2,699	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 6</b>	1,0000	1,00	0,00	0,00	0,93	0,07	0,01	0,00	2	0,0	0	0,00	0	0	0	0	4,90	100,00	14,80	94,50	234,99	4,20	2,19	
<b>DMU 7</b>	0,9528	0,45	0,55	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0,0	0	7,00	4,899	0	0,669	1,038	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 8</b>	0,8489	0,48	0,52	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0,0	0	14,10	5,092	0	1,426	2,005	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 9</b>	0,8175	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,4	0	19,60	3,498	0	1,661	2,708	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 10</b>	0,9088	0,72	0,28	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (0,333) 19 (0,667)	0,0	0	12,50	1,452	0	0,902	0,814	5,10	100,00	8,20	94,97	264,03	5,27	4,03	
<b>DMU 11</b>	0,9845	0,42	0,58	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0,0	0	0,30	0	10,270	0,523	0,786	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
<b>DMU 12</b>	1,0000	0,76	0,24	0,00	0,92	0,00	0,00	0,08	0	0,0	0	0,00	0	0	0	0	5,00	100,00	11,80	95,10	240,13	4,40	3,17	
<b>DMU 13</b>	0,8859	0,51	0,49	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0,0	0	10,10	4,854	0,000	1,232	1,395	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	
<b>DMU 14</b>	0,8831	0,34	0,66	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0,0	0	12,90	0	10,212	1,356	1,205	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31	
<b>DMU 15</b>	1,0000	0,39	0,59	0,03	0,03	0,55	0,01	0,42	0	0,0	0	0	0	0	0	0	5,10	96,80	14,70	83,90	236,99	3,80	2,67	
<b>DMU 16</b>	0,9065	0,62	0,38	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (0,500) 6 (0,500)	0,0	0	19,75	0	8,446	1,073	1,304	5,10	100,00	8,75	96,45	252,19	4,90	3,25	
<b>DMU 17</b>	0,9335	0,83	0,17	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	19 (1,000)	0,0	0	9,20	6,911	0	0,947	1,284	5,00	100,00	10,90	93,40	257,73	5,00	3,62	
<b>DMU 18</b>	0,9063	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,2	0	22,60	7,873	0	1,316	1,601	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86	

<b>DMU 19</b>	1,0000	0,93	0,00	0,07	0,04	0,08	0,01	0,87	4	0,0	0	0,00	0	0	0	0	5,00	100,00	10,90	93,40	257,73	5,00	3,62
<b>DMU 20</b>	0,9498	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	3,9	0	16,00	0	12,070	0,874	1,653	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 21</b>	0,8359	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	3,1	0	22,10	0,547	0	1,376	2,637	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 22</b>	0,9239	0,73	0,27	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (0,333) 19 (0,667)	0,0	0	12,30	0,485	0	0,747	0,665	5,10	100,00	8,20	94,97	264,03	5,27	4,03
<b>DMU 23</b>	0,9237	0,70	0,30	0,00	0,69	0,31	0,00	0,00	3 (0,748) 6 (0,244) 19 (0,007)	0,0	0	15,61	0	0	0,667	0,248	5,20	100,00	5,79	97,19	266,32	5,40	4,20
<b>DMU 24</b>	0,8882	0,49	0,51	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0,0	0	15,60	0,487	0	1,131	1,458	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>DMU 25</b>	0,9543	0,39	0,61	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4 (1,000)	0,0	0	13,20	0	10,832	0,790	1,152	5,30	100,00	2,70	98,40	269,38	5,60	4,31
<b>DMU 26</b>	0,7085	0,46	0,54	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3 (1,000)	0,0	0	20,90	1,496	0	2,184	3,013	5,30	100,00	2,80	98,10	276,64	5,80	4,86
<b>MÉDIA</b>	0,9191	0,42	0,54	0,04	0,38	0,50	0,03	0,09		0,7	0	11,28	1,57	3,64	0,88	1,14	5,22	99,65	5,99	96,39	265,13	5,34	4,14