



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da
Informação e Documentação - FACE
Mestrado Acadêmico em Economia

**Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e
Sudeste do Brasil: uma abordagem em três estágios**

Luciana Duarte Bhering de Carvalho

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Conceição Sampaio de Sousa

Brasília

2012

Luciana Duarte Bhering de Carvalho

**Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e
Sudeste do Brasil: uma abordagem em três estágios**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Ciências Contábeis e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Conceição Sampaio de Sousa

Brasília

2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1000902.

C331e Carvalho, Luciana Duarte Bhering de.
Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões
Nordeste e Sudeste do Brasil : uma abordagem em três
estágios / Luciana Duarte Bhering de Carvalho. -- 2012.
105 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Departamento de Economia, Mestrado Acadêmico em Economia,
2012.
Inclui bibliografia.
Orientação: Maria da Conceição Sampaio de Sousa.

1. Qualidade (Educação). 2. Análise estocástica. 3.
Economia - Aspectos sociológicos. I. Sousa, Maria
da Conceição. II. Título.

CDU 37.015.6

Folha de aprovação

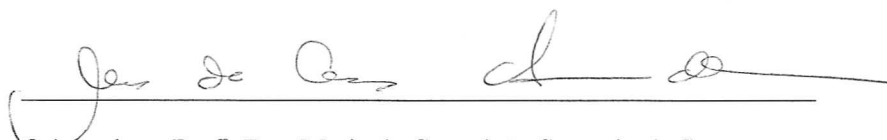
Autora: Luciana Duarte Bhering de Carvalho

Título: Eficiência das escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil: uma abordagem em três estágios

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Ciências Contábeis e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Data de aprovação: 02/07/2012

Banca Examinadora:



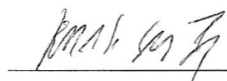
Orientadora: Profª. Dra. Maria da Conceição Sampaio de Sousa

Universidade de Brasília (UNB)



Membro Externo: Prof. Dr. Marcelo Medeiros

Departamento de Sociologia – Universidade de Brasília (UNB)



Membro Interno: Prof. Dr. Roberto de Goes Ellery Jr.

Departamento de Economia – Universidade de Brasília (UNB)

Agradecimentos

Ao meu amado Márcio, que soube lidar com o constante adiamento das férias, com os fins de semana e feriados muitas vezes tomados pelos estudos e preocupações relativas ao mestrado, etc. Enfim, agradeço-lhe por todo o amor e toda a paciência.

À minha família, que espero ter compreendido todas as minhas ausências durante esse período, especialmente aos meus pais, Madalena e Luiz Flávio, por terem contribuído, cada um à sua maneira, para minha formação.

Aos queridíssimos amigos: Oliveira, Ângela, Cleber, João Paulo, Ana, Guilherme, Carol, Elina e Daniel, pelos momentos de descontração em meio a toda tensão própria de um mestrado como esse. Oliveira, meu caro, sou grata a você duplamente, não só pela sua amizade, mas pelo seu companheirismo nos assuntos econômicos.

À minha orientadora, Professora Conceição, pela confiança depositada em mim, desde o começo, e pelo grande entusiasmo à prova de todos os percalços.

À Inez por todo seu carinho e por toda sua eficiência.

Aos meus colegas de curso, principalmente com os quais convivi por boa parte do tempo e com os quais espero manter contato sempre: Waleska, Luís Fernando, Roberto, Sílvia e Márcio Francisco. Aprendi muito com cada um de vocês. Luís e Márcio, também sou muitíssimo grata a vocês pelas proveitosas monitorias prestadas.

Às pessoas da Secretaria de Orçamento Federal do Ministério do Planejamento (SOF/MP), nem todas ainda em exercício nessa Secretaria, que diretamente me propiciaram essa rara oportunidade de dedicação exclusiva aos estudos: Célia, Claudiano, George e Julião. Aos servidores da Secretaria-Adjunta de Gestão Corporativa da SOF (SEAGE/SOF) e da Coordenação de Gestão de Pessoas do MP (COGEP/MP) que se empenharam em resolver as questões relacionadas ao meu processo de afastamento e àqueles que me ajudaram em alguns trâmites administrativos quando da minha ausência da SOF, em especial, à Sílvia, à Márcia e à Anna Paula.

Aos meus colegas da Secretaria Adjunta para Assuntos Fiscais da SOF (SEAFI/SOF), por toda a força desde o início dessa empreitada, em especial aos mais próximos: à Bia, pelo permanente apoio; e ao Luiz Guilherme, por toda a empolgação com a ideia do mestrado desde a fase da preparação para a prova da ANPEC.

Ao Clodoaldo, servidor do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira do Ministério da Educação (INEP/MEC), pelo esclarecimento de muitas dúvidas sobre o Censo Escolar.

Resumo

Nesse trabalho foi calculada uma medida de eficiência técnica para as escolas públicas urbanas das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, avaliadas pela Prova Brasil 2007, por meio da metodologia chamada de Análise da Envoltória de Dados (DEA) em três estágios, adotando-se a escola como unidade de análise. No primeiro estágio foram computados os escores DEA, considerando retornos variáveis de escala e orientação para produto, a partir de três variáveis de resultado e duas variáveis de insumo. O primeiro grupo de variáveis abrangeu as seguintes: mediana da nota de matemática dos alunos da 4ª série primária na Prova Brasil, a mesma variável para os alunos da 8ª série e número de alunos, tudo isso apurado por escola. O segundo grupo compreendeu o número de funcionários, incluídos aí os docentes, e a Taxa de Distorção Série-Idade (TDI), ambos calculados, também, por unidade escolar. No segundo estágio, por meio da abordagem da Análise das Fronteiras Estocásticas (SFA), tornou-se possível o conhecimento dos sinais e das magnitudes dos chamados efeitos ambientais sobre cada resultado escolar, com destaque para o efeito do nível socioeconômico dos alunos. De posse desses resultados, ajustamos as variáveis de produto, de forma a levar em conta os referidos efeitos ambientais, além daqueles residuais, tratados como aleatórios por hipótese. Tal operação possibilitou nivelar todas as escolas em relação aos citados aspectos e, em decorrência disso, compará-las apenas no que se refere à capacidade gerencial de cada uma. Feitos esses ajustes, procedeu-se a uma nova rodada de DEA, a partir das variáveis de resultado ajustadas e das variáveis de insumo originais. Comparando-se os resultados do primeiro e do último estágio, verificou-se que a maioria dos escores de eficiência aumentou consideravelmente, com destaque para a maior evolução dos escores relativos aos estados do Nordeste. Em que pese o fato de tais escores em média ainda terem permanecido um pouco abaixo daqueles verificados para as escolas da região Sudeste. Em relação a todas as escolas estudadas, há indícios para afirmar que, mesmo descontando os fatores ambientais e aleatórios, ainda persiste a necessidade de melhorias ligadas à gestão de cada uma delas.

Palavras-chave: Análise da Envoltória de Dados (DEA), eficiência, educação, Análise das Fronteiras Estocásticas (SFA), Nível Socioeconômico (NSE), Prova Brasil.

Abstract

In this study we calculated a measure of technical efficiency for urban public schools in the Northeast and Southeast of Brazil; evaluated by a battery of tests called Prova Brasil; year 2007, using Three-stage Data Envelopment Analysis (DEA) methodology; taking the school as unit of analysis. In the first stage DEA scores were calculated, considering variable returns to scale and product orientation, based on three outcome variables and two input variables. The first group consists of the following variables: median math scores in Prova Brasil for the 4th primary grade; the same variable for 8th primary grade students; and the number of students per school. The second group is constituted by: the number of employees at each school, teachers included therein, and age-grade distortion. In the second stage, by addressing the Stochastic Frontier Analysis (SFA) we got signs and magnitudes of the environmental effects on each school's outcomes, highlighting the effect of student's socioeconomic status (SES), with these results it was possible to adjust the variables of product considering these effects and residual ones, treated as random by hypothesis. This operation allowed us to equalize all schools with respect to the above aspects and compare them only as regards their management ability. Having made these adjustments, we proceeded to a new round of DEA with the outcome variables adjusted and the original input variables. Comparing the results of the first and the last stage it was found that most of the efficiency scores increased considerably. Within this situation the Northeastern states showed great improvements, yet still remained slightly below those results related to Southeaster states. Based on our results we can say that there are margins for improvements in Brazilian urban public schools in terms of pure managerial ability.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, education, Stochastic Frontier Analysis (SFA), Socioeconomic Status (SES), Prova Brasil.

Lista de Gráficos

Gráfico 01 - Composição dos Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social, exclusive encargos com dívida: principais gastos	16
Gráfico 02 – Participação do FUNDEF/FUNDEB na parcela do Orçamento Fiscal e da Seguridade Social aplicada à educação, exceto encargos com dívida.....	17
Gráfico 03 - Exemplo <i>slack</i> radial no caso insumo orientado	44
Gráfico 04 - Histograma relativo aos escores gerados no 1º Estágio.....	66
Gráfico 05 - Histograma relativo aos escores gerados no 3º Estágio.....	86

Lista de Tabelas

Tabela 01 - Estatísticas descritivas das variáveis de produto/resultado e insumo.....	57
Tabela 02 - Matriz de correlação entre insumos e produtos.....	59
Tabela 03 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos <i>slacks</i> das notas da 4ª série	61
Tabela 04 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos <i>slacks</i> das notas da 8ª série	62
Tabela 05 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos <i>slacks</i> do número de alunos.....	63
Tabela 06 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais discretas utilizadas exclusivamente na fronteira relativa aos <i>slacks</i> do número de alunos	63
Tabela 07 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais discretas utilizadas em todas as fronteiras.....	64
Tabela 08 - Estatísticas descritivas dos escores do 1º estágio	66
Tabela 09 - Estatísticas descritivas relativas aos <i>slacks</i> das variáveis de produto	67
Tabela 10 - Fronteira relativa aos <i>slacks</i> das notas medianas de matemática da 4ª série	69
Tabela 11 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos <i>slacks</i> das notas medianas de matemática da 4ª série	77
Tabela 12 - Fronteira relativa aos <i>slacks</i> das notas medianas de matemática da 8ª série	79
Tabela 13 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos <i>slacks</i> das notas medianas de matemática	82
Tabela 14 - Fronteira relativa aos <i>slacks</i> referentes ao número de alunos	83
Tabela 15 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos <i>slacks</i> do número de alunos.....	85

Tabela 16 – Estatísticas descritivas das variáveis de produto ajustadas.....	86
Tabela 17 - Estatísticas descritivas dos escores do 3º estágio.....	87
Tabela 18 – Evolução dos escores médios de eficiência por tamanho das escolas.....	87
Tabela 19 - Evolução dos escores médios de eficiência por região	88
Tabela 20 - Evolução dos escores médios de eficiência das UFs e de suas posições no ranking das duas regiões estudadas	89
Tabela 21 - Número e percentual de escolas eficientes por região	89
Tabela 22 - Comparativo entre todas as escolas da amostra e as eficientes em relação às variáveis de resultado por alguns percentis	90
Tabela 23 - Comparativo entre todas as escolas da amostra e as eficientes em relação às variáveis de insumo por alguns percentis	90

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa

ANEB - Avaliação Nacional da Educação Básica

ANRESC - Avaliação do Rendimento Escolar

BCC - Banker, Charnes e Cooper

CCR - Charnes, Cooper e Rhodes

CF - Constituição Federal de 1988

COLS - Corrected Ordinary Least Squares

CPP - Conjunto de Possibilidade de Produção

CRS - Constant Returns to Scale

DEA - Data Envelopment Analysis

DMUs - Decision Making Units

EJA - Educação de Jovens e adultos

EB - Educação Básica

EF - Educação Fundamental

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

FDH - Free Disposal Hull

FUNDEF - Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério

FUNDEB - Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

LR - Log-likelihood ratio statistic

MEC - Ministério da Educação

NSE - Nível Socioeconômico

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development

PAR - Plano de Ações Articuladas

PDDE - Programa Dinheiro Direto na Escola

PIB - Produto Interno Bruto

PISA - Programme for International Student Assessment

PFT - Programm Follow Through

PNE - Plano Nacional de Educação

PPP - Paridade de Poder de Compra para o PIB

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica

SARESP - Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

SFA - Stochastic Frontier Analysis

STN - Secretaria do Tesouro Nacional

TDI - Taxa de Distorção Série Idade

TRI - Teoria de Resposta ao Item

VRS - Variable Returns to Scale

Sumário

1) Introdução.....	13
2) Revisão de Literatura.....	21
2.1) Origens	21
2.2) Literatura Geral	24
2.3) Literatura Específica.....	27
3) Metodologia.....	35
3.1) Visão Geral.....	35
3.2) Adequação da metodologia ao problema proposto	36
3.3) Alguns aspectos formais acerca da metodologia.....	37
3.3.1) 1º Estágio – DEA - BCC	37
3.3.2) 2º Estágio - SFA	46
3.3.3) 3º Estágio – DEA - BCC com dados ajustados	49
4) Os Dados	50
4.1) Descrição das Bases	50
4.2) As variáveis de Insumo e Produto	53
4.3) Variáveis Ambientais	60
5) Resultados.....	65
5.1) Resultados do 1º Estágio	65
5.2) Resultados do 2º Estágio	67
5.3) Resultados do 3º Estágio	86
6) Conclusões.....	91
7) Referências Bibliográficas.....	95

1) Introdução

É patente a importância da educação na sociedade em que vivemos, seja do ponto de vista dos indivíduos, seja do ponto de vista coletivo, sobretudo no que diz respeito a seus efeitos econômicos. E essa ideia não é algo recente. Podemos dizer que, sob o prisma da economia, tal percepção vem sendo desenvolvida desde, pelo menos, os fins do século XVIII (ROSEN, 2008). Porém, foi só a partir da década de 1960, com a consolidação do conceito de Capital Humano¹, que se abriu caminho para a mensuração dos impactos da educação nos salários e na renda dos países. De lá para cá, muitas estimativas desses efeitos, por metodologias cada vez mais refinadas, confirmaram serem esses não só extremamente benéficos, como também de grande magnitude.

Para termos uma ideia dessa dimensão observemos os resultados do estudo de Psacharopoulos e Patrinos (2004). Esses autores calcularam as taxas de retorno privado e social² para cada ano adicional de escolaridade a partir de dados de 98 países. Esses dados se referem principalmente às décadas de 1980 e 1990.

Corroborando estudos anteriores tais autores concluíram que geralmente um ano a mais de escolaridade resulta em uma taxa de retorno da ordem de 10%. Porém, esse número varia conforme o nível educacional em questão e o nível de renda de cada país, já que as taxas de retorno serão mais altas onde a demanda por determinado nível educacional é maior que a oferta. Para a América Latina e Caribe, por exemplo, para cada ano adicional

¹ Para um breve histórico do conceito vide (ROSEN, 2008) e (IOSCHPE, 2004, p. 29-37).

² Essas taxas são as que igualam os custos, tanto os diretos como os indiretos, incorridos para se adquirir um nível maior educação, ao valor presente dos benefícios a serem auferidos em função dessa melhor qualificação. Esses benefícios, para cada ano a mais de educação, são calculados pela diferença de salário que se observa no mercado de trabalho entre uma pessoa com a mesma escolaridade do estudante e uma pessoa com um ano a menos de escolaridade. Os custos diretos equivalem ao pagamento de mensalidades, compra de material didático, construção de escolas, dentre outros. E o custo indireto é o custo de oportunidade suportado por quem escolheu empregar seu tempo estudando ao invés fazê-lo trabalhando. Desse modo, esse custo de oportunidade equivale ao salário observado no mercado de trabalho para pessoas com o mesmo nível de escolaridade do estudante. Em geral, para o cálculo das taxas de retorno privado são considerados apenas os custos e benefícios privados. Já para o cálculo das taxas de retorno social são somados, aos custos privados, aqueles sociais (gastos do governo em educação). Por essa razão, as taxas de retorno social calculadas são menores que as taxas de retorno privado. Isso poderia ser diferente se fosse possível medir as chamadas externalidades positivas da educação, que, assim, seriam somadas aos benefícios privados.

de educação primária as taxas de retorno social e privado calculadas foram de 17,4 % e de 26,6%, respectivamente.

Para o Brasil, Barbosa Filho e Pêsoa (2008), em consonância com estudos anteriores, calcularam a taxa de retorno social para diversos níveis de escolaridade e anos de vida produtiva. A menor taxa de retorno médio encontrada foi de 9,2%, que corresponde à taxa média de retorno de trabalhadores com 30 anos de trabalho e que completaram o primeiro ano de educação formal. E mesmo que essas taxas de retorno tenham a tendência a diminuir ao longo do tempo, dado o maior acesso à educação, elas, ainda assim, permanecem muito altas. Nesse mesmo estudo, por exemplo, os autores calcularam a taxa média de retorno, para alguns anos entre 1981 e 2004, de se completar os primeiros quatro anos de educação formal, dado um tempo de serviço de 30 anos. Constataram que o referido retorno caiu de 17,4% para 9,8% nesse período.

Em termos agregados as pesquisas vêm confirmando a existência de retornos sobre o nível de renda *per capita* de cada país oriundos do aumento da escolaridade de sua população, de magnitude similar àquela verificada para os indivíduos. Isso, depois de se lidar com os grandes problemas técnicos detectados nesse tipo de estimação, tais como: presença de *outliers*, erros de medida nas variáveis envolvidas, dúvidas acerca de que tipo de variável usar para medir o grau de escolaridade em nível agregado, diferenças em termos da qualidade dos dados de cada país, endogeneidade, dentre outros, conforme destacado por Ioschpe (2004) e Barbosa Filho e Pessôa (2009). Hanushek e Kimko (2000), ao considerarem a qualidade da educação de cada país, além dos anos de escolaridade da população, que é a variável usual, mostraram que a educação pode ter efeitos até mesmo sobre as taxas de crescimento nacionais.

Além de todos esses benefícios diretos provenientes de melhores níveis educacionais, há também as chamadas externalidades positivas normalmente associadas à educação, tais como: redução nas taxas de criminalidade, melhorias nas condições de saúde da população e maior coesão social (OECD, 2011, p. 192).

Dessa maneira, por ser um investimento de altíssima rentabilidade, além de proporcionar outras vantagens, conforme já relatado, a educação é um tema que constante e recorrentemente figura como preocupação dentro de cada país e internacionalmente.

Existe, pois, um grande incentivo para se investir em educação. Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD)³ (OECD, 2011, p. 214), dos 30 países cujos dados estavam disponíveis na publicação em questão, todos aumentaram seus gastos por estudante⁴ para os níveis primário e secundário de educação no período entre 2000 e 2008. Em termos de gastos em educação como proporção do Produto Interno Bruto (PIB), dos 32 países para os quais tal razão foi calculada, 25 apresentaram crescimento desse gasto maior que o do PIB. É importante ressaltar que a maioria dos países constantes dessa comparação figura com seus gastos públicos e privados em educação. As exceções, como o caso do Brasil, cujas informações são geralmente relacionadas aos gastos públicos, são devidamente destacadas.

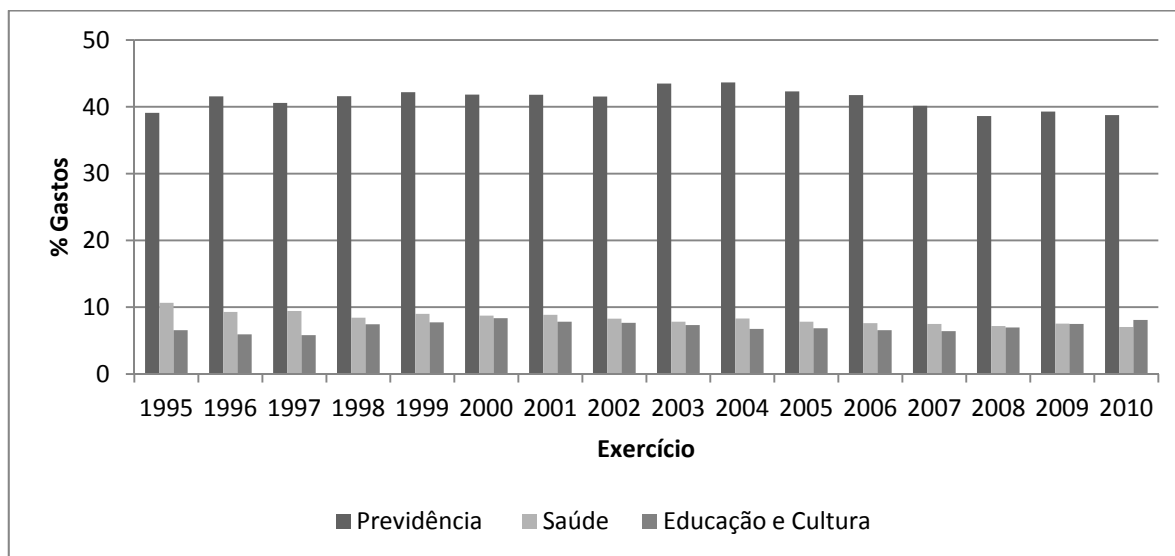
E como o Brasil aparece no cenário internacional? Em relação à primeira estatística comentada no parágrafo anterior o Brasil foi o que apresentou maior incremento no período analisado, de mais de 40%. E isso apenas no que diz respeito ao gasto público feito por instituições de mesma natureza. Em termos percentuais do PIB, também de 2000 a 2008, o gasto público em educação no Brasil passou de 3,5 % para 5,3%, dos quais 2,6% e 4,1%, respectivamente, correspondem às aplicações nos níveis primário e secundário de educação. Em relação à quantia gasta por estudante no nível primário de educação, expressos em dólares convertidos pela PPP, o Brasil ainda permanece nas últimas posições. Porém, devemos ter cuidado ao interpretar esse número, porque, como já ressaltado, a maioria dos países apresenta seus gastos públicos e privados nessas estatísticas, enquanto o Brasil apresenta apenas os gastos públicos. Ademais, mesmo havendo o cuidado de se expressar tais valores em termos de PPP é impossível asseverar que estamos comparando exatamente as mesmas coisas. Desse modo, apesar desses valores em níveis serem úteis para termos alguma referência, pode ser elucidativo comparar a evolução dos gastos nacionais em educação *versus* a trajetória de seus resultados, o que faremos mais adiante. Até lá, teceremos alguns comentários sobre os gastos em educação da perspectiva do Orçamento Federal.

Do referido ângulo o gasto em educação está entre os três mais importantes do Orçamento Fiscal e da Seguridade, conforme vemos abaixo:

³ A sigla se refere ao nome em inglês: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

⁴ Tais gastos foram apurados por meio da Paridade de Poder de Compra para o PIB (PPP).

Gráfico 01 - Composição dos Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social, exclusive encargos com dívida: principais gastos



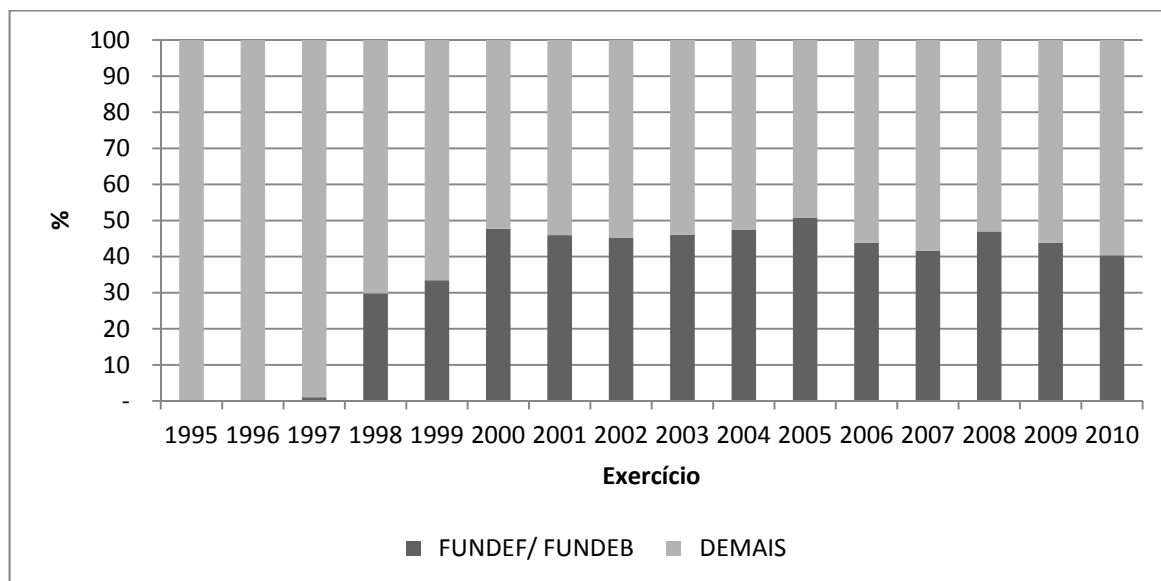
Fonte: Elaboração própria a partir das Estatísticas Fiscais do Ministério do Planejamento. (BRASIL, 2012).

Tal direcionamento dos gastos se deve, em grande medida, à vinculação constitucional, expressa no art. 212 da Constituição Federal de 1988 (CF) (BRASIL, 1988), cuja determinação é que no mínimo 18% da receita federal resultante de impostos, compreendida a proveniente de transferências, seja aplicada em ações direcionadas à Manutenção e Desenvolvimento do Ensino⁵. Esse dispositivo se aplica de forma análoga aos Estados, Municípios e Distrito Federal apenas com a diferença no percentual a ser aplicado, que sobre para 25%.

Dentro dos gastos em educação o mais representativo é aquele destinado Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB) (BRASIL, 2006, 2007d), que veio a substituir o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF) (BRASIL, 1996a, 1996c, 1997) em 2007, com previsão legal de vigorar até 2020. Pelo gráfico abaixo, vislumbramos a importância dessa despesa:

⁵ Os arts. 70 e 71 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) listam quais são as despesas consideradas como Manutenção e Desenvolvimento do Ensino (BRASIL, 1996).

Gráfico 02 – Participação do FUNDEF/FUNDEB na parcela do Orçamento Fiscal e da Seguridade Social aplicada à educação, exceto encargos com dívida



Fonte: Elaboração própria a partir das Estatísticas Fiscais do Ministério do Planejamento. (BRASIL, 2012).

As diferenças entre esses dois fundos são a abrangência, o volume e tipo de receitas envolvidas, além de detalhes na sua operacionalização. Contudo, guardam uma essência comum⁶. Em relação à abrangência, o FUNDEF se limitava à Educação Fundamental (EF), enquanto o segundo passou a atender a Educação Básica (EB)⁷.

Grande parte dos recursos dos fundos em questão é utilizada para pagamento de profissionais da educação em exercício nos respectivos níveis de abrangência de cada um, já que, pela legislação, no mínimo 60% de seus recursos devem ser direcionados a esse fim. Outra característica interessante do mecanismo de financiamento em análise é sua busca por uma melhor distribuição dos recursos no território nacional, já que esses, *grosso modo*, são aplicados proporcionalmente às matrículas da EF e EB, consideradas as ponderações previstas em lei.

⁶ Ambos os fundos têm um desenho parecido, a ideia geral é que cada ente federado contribua com parte de várias de suas receitas, elencadas na legislação específica desses fundos. Posteriormente, de acordo com o número de matrículas no ensino fundamental (FUNDEF) ou básico (FUNDEB) que esse ente possua, consideradas algumas ponderações previstas em lei, os recursos do fundo são distribuídos nessa proporção. Ao final desse processo, o estado que não atingir um valor mínimo por aluno definido nacionalmente, receberá uma complementação da União a fim de que atinja tal valor mínimo.

⁷ No Brasil, a educação básica abrange: (1) a Educação Infantil, que abriga Creche e Pré-Escola; (2) o Ensino Fundamental, que abrange os oito ou nove anos de escolarização após a Pré-Escola; e (3) o Ensino Médio, que compreende os três anos após o Ensino Fundamental.

Feitos os apartes sobre os gastos educacionais no nosso orçamento, voltemos à questão da comparação de sua evolução com a trajetória observada dos resultados, tanto do ponto de vista quantitativo, como do qualitativo. Seria natural imaginar que a grande parcela de seu orçamento que o Brasil dedica à educação, aliada ao incremento de tais valores ao longo do tempo, se traduziriam em melhores resultados, mas não é o que se verifica completamente, conforme veremos a seguir.

Em termos quantitativos, diferentes autores não hesitam em afirmar que temos progredido. Veloso (2009), por exemplo, mostra que de 1995 até 2007, o percentual de crianças de 0 a 14 anos na escola passou de 93% para 98%, até mesmo nas regiões mais pobres do país. Na região Nordeste, por exemplo, esse mesmo indicador saiu de 85% para 97% no mesmo período. Para os jovens entre 15 e 17 anos, considerando o mesmo intervalo de tempo, apesar desse percentual de alunos na escola ter apresentado valor mais baixo que aquele verificado para a faixa etária anterior, esse apresentou importante evolução, saindo de 64% para 80%, quando calculado para todo Brasil, e de 61% para 78%, quando se trata da região Nordeste. Progressos similares foram verificados no que diz respeito às taxas de conclusão do ensino fundamental e médio. A taxa de conclusão do ensino fundamental, por parte de jovens de 16 anos, saiu de 29% para 61% e a taxa de conclusão do ensino médio, por parte de jovens de 19 anos, variou de 17% para 44%, de 1995 a 2007. Já em relação à qualidade, as notícias não são tão boas.

Geralmente a qualidade dos sistemas educacionais é medida por meio de avaliações padronizadas. No âmbito internacional, a mais famosa é a Avaliação Internacional dos Estudantes (PISA)⁸, promovida pela OECD, que avalia estudantes de 15 anos de idade provenientes de vários países em suas habilidades relativas à leitura, à matemática, à resolução de problemas e às ciências. Essas avaliações ocorrem a cada três anos, desde 2000.

O Brasil participa do PISA desde a primeira edição. Diante da evolução dos resultados dos estudantes brasileiros em leitura e matemática, entre os anos 2000 e 2009, Glewe e Hanushek (2012, p. 3) afirmam que a trajetória dos nossos resultados nesses testes pode ser descrita, no máximo, como irregular, ou seja, não mostra uma tendência clara ao

⁸ A sigla se refere ao nome em inglês: *Programme for International Student Assessment*.

longo desse período, por vezes apresenta melhoras, por vezes piora. As avaliações nacionais também pintam quadro semelhante. Veloso (2009, p. 10 e 11) mostra que o percentual de alunos com nota adequada nos testes aplicados para 4ª e 8ª séries do ensino fundamental, e 3ª, do ensino médio, caiu drasticamente entre 1995 e 2001, apresentando certa estabilidade e uma pequena melhora em alguns casos, de 2001 até 2007.

Com base nos dados acima temos indícios para questionar se o problema da educação no Brasil se deve apenas ao volume insuficiente de investimentos na área, como afirma o senso comum, ou também à má qualidade do gasto nessa área⁹. A fim de entendermos o que se passa realmente, devemos investigar se os recursos destinados ao serviço público em questão são aplicados da melhor forma possível. O que é desejável não só por questão de bom senso, como também por estar em linha com o princípio constitucional da eficiência que rege a administração pública em todas suas esferas e Poderes e tem como objetivo:

[...] assegurar que os serviços públicos sejam prestados com adequação às necessidades da sociedade que os custeia. A ideia de eficiência aproxima-se da de economicidade. Visa-se a atingir objetivos traduzidos por boa prestação de serviços, de modo mais simples, mais rápido, e mais econômico, melhorando a relação custo/benefício do trabalho da administração. (ALEXANDRINO; PAULO, 2007, p.123 e 124)

Dado esse breve contexto, o presente trabalho tem como fim calcular as medidas de eficiência técnica das escolas públicas urbanas brasileiras das regiões Nordeste e Sudeste, o que significa apurar quais delas geram os melhores resultados dados os seus insumos ou quais as que utilizam menos insumos para atingir determinados resultados¹⁰. Mais especificamente, buscamos responder às seguintes questões: quão eficientes são essas escolas? Que fatores estão relacionados ao seu grau de eficiência? Como os fatores que não estão sob seu controle afetam sua eficiência? Onde estão as escolas mais eficientes? Acreditamos que as respostas para essas questões serão extremamente úteis para a identificação de práticas bem sucedidas em algumas escolas, as quais poderão ser difundidas para as demais unidades. Além disso, acreditamos que a obtenção de tais

⁹ O trabalho de Wilson (2005), que será comentado adiante, dá sustentação a essa tese, uma vez que em seus cálculos de eficiência a partir de dados do PISA 2000, o Brasil apresenta baixos índices de eficiência técnica.

¹⁰ Como veremos adiante, o primeiro conceito de eficiência comentado é chamado de produto orientado e o segundo, de insumo orientado.

informações nos guiará no sentido de uma aplicação mais racional dos recursos públicos na área da educação.

Para lidar com as questões levantadas acima, tomamos como unidade de análise a escola, utilizamos principalmente os dados do Censo Escolar e da Prova Brasil relativos ao ano de 2007 e a metodologia da Análise da Envoltória de Dados (DEA)¹¹ em Três Estágios, desenvolvida por Fried et al. (2002).

Esse trabalho está dividido em cinco seções além dessa introdução. Na seção seguinte é dado um panorama da literatura atinente ao tema; na terceira, é abordada a metodologia escolhida; na quarta e quinta seções, são descritos respectivamente os dados e os resultados a partir deles obtidos e, finalmente, na última parte estão as referências bibliográficas.

¹¹ A sigla corresponde à expressão *Data Envelopment Analysis*.

2) Revisão de Literatura

2.1) Origens

A produção dos primeiros trabalhos sobre eficiência na área educacional se confunde com a origem do método DEA, que será melhor detalhado, juntamente com outras técnicas afins na seção do presente trabalho dedicada à metodologia.

De maneira *en passant*, o aspecto essencial do método DEA consiste na construção de uma fronteira, formada pelas Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs¹) mais eficientes, que, assim, passam a delimitar as demais unidades, de forma que aquelas mais eficientes estejam localizadas na fronteira, ou próximas a ela, e as menos eficientes, em posição mais afastada. As que se encontram na fronteira apresentam medida de eficiência igual a 1 ou 100%, já as que se encontram no interior dessa fronteira apresentam medidas de eficiência inferiores a 100% graduadas em proporção inversa de sua distância em relação à referida fronteira.

Tal medida de eficiência pode ser interpretada tanto com orientação produto como insumo, dependendo do grau de discricionariedade que o gestor do processo sob análise tem sobre um e outro. Se o gestor pode aumentar (diminuir) a sua produção (seus insumos) para se tornar mais eficiente, é recomendável que ele adote a primeira (segunda) perspectiva. Havendo mais de uma possibilidade, o gestor poderá escolher qual delas lhe é mais conveniente ou até mesmo, de acordo com os resultados calculados, seguir essas duas linhas de ação.

¹ Em inglês, *Decision Making Units*, termo cunhado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), doravante CCR, conforme explicitado em Cooper, Seiford e Tone (2007, p. 33). CCR (1978, 1981) comentam logo na primeira página de cada um desses trabalhos que tal nomenclatura se aplica a entidades públicas ou sem fins lucrativos em que decisões gerenciais são tomadas, já que, para o cálculo de suas medidas de eficiências por meio do DEA, não são requeridos pesos *a priori* ou a imputação de preços de mercado relativos aos seus insumo e resultados.

Convém ainda ressaltar as vantagens da metodologia DEA sobre as outras técnicas tais como a Análise das Fronteiras Estocásticas² (SFA) e a Função Distância. A DEA é uma técnica não-paramétrica, ao contrário das duas últimas, por isso, prescindimos de conhecer a forma funcional que relaciona insumos a produtos para aplicá-la. Além disso, temos a possibilidade de considerar múltiplos produtos simultaneamente em seu algoritmo, quando é o caso do processo produtivo em estudo. Por outro lado, a medida produzida por essa técnica é muito sensível à presença de *outliers*, cuja detecção é ainda um problema não resolvido. Assim como as questões ligadas à inferência estatística acerca da medida em questão³.

Optamos por fazer essa breve exposição sobre o método a ser utilizado nessa dissertação, antecipando um pouco do que será discutido na seção adequada a esse tipo de consideração, pelo fato da literatura sobre medidas de eficiência na área educacional estar ligada, desde suas origens, ao surgimento e ao desenvolvimento da DEA. Conforme esclarecem Cooper, Seiford e Tone (2007, p. 33), o método DEA originou-se dos esforços para avaliar os resultados de um programa educacional chamado de *Follow Through* (PFT). Tal programa foi implementado pelo governo norte-americano na década de 1970 focado no atendimento às crianças carentes que estudavam em escolas públicas, matriculadas desde o jardim da infância até o 3º ano primário, tendo em vista também dar continuidade ao Projeto *Head Start* que se restringia ao atendimento de crianças carentes matriculadas na pré-escola.

A ideia inicial era coletar, ao longo da vigência do PFT, dados relativos a escolas, alunos e turmas com características similares, porém, com a diferença no fato de algumas terem sido tratadas pelo programa em questão e outras não, a fim de que, ao final do programa, fosse possível a apuração de seus reais impactos. Tal desenho, no entanto, não foi seguido à risca, a ponto de ser considerado um quase-experimento, conforme argumenta Kennedy (1978), que, desse modo, atribuiu a esse problema de desenho, em alguma medida, a geração de resultados ambíguos acerca da efetividade do PFT.

² Em inglês, *Stochastic Frontier Analysis*.

³ Thanassoulis, Portela e Despić (2008, p. 315-319) expõem brevemente as formas até então desenvolvidas para lidar com os dados extremos (*outliers*). Outra técnica não citada por esses autores é a desenvolvida por Sampaio de Sousa, Cribari-Neto e Štosić (2005) e Sampaio de Sousa e Štosić (2005) baseada no conceito de alavancagem (*leverage*) combinado com as técnicas de reamostragem *jackknife* e *bootstrap*. Sobre as questões de inferência estatística, seus recentes desenvolvimentos e perspectivas, vide (SIMAR; WILSON, 2008).

Em meio a essa discussão sobre a efetividade do PFT, CCR (1981) procederam a outra tentativa de avaliação do programa em questão através da técnica DEA⁴. Nesse trabalho argumentaram que os resultados produzidos pelas análises empreendidas até então não levaram em consideração os aspectos ligados à eficiência dos gestores que implementaram o programa. A fim de superar essa deficiência os autores calcularam dois modelos DEA, um para a parte de amostra submetida ao programa e outro para a parte complementar. Utilizaram as notas de português e matemática dos alunos em exames padronizados e um índice de auto-estima como variáveis de produto e/ ou resultado. E, cinco variáveis, a saber: nível educacional das mães, melhor posição social de um membro da família, índice para medir a presença dos pais na escola, índice para medir o grau de participação dos pais na vida escolar dos filhos e o número de professores como variáveis de insumo.

De volta ao procedimento, após calcular esses dois modelos, os autores ajustaram as variáveis de produto de forma a trazer todas as observações para sua respectiva fronteira e, em seguida, procederam a um novo cálculo dos índices de eficiência considerando todas as informações assim ajustadas. Tal operação teve como finalidade a eliminação dos efeitos gerados pela eficiência ou ineficiência gerencial, supondo-se ambos os grupos gerenciados com grau máximo de eficiência, para que, assim, fosse possível a detecção dos efeitos puros do PFT. Finalmente, pela comparação dos resultados do primeiro com o do segundo procedimento descrito, seja por simples inspeção ou por outros métodos estatísticos, os autores concluíram que, com base nos dados analisados, as regiões submetidas ao programa em comento não apresentaram eficiência significativamente superior.

Desde então, muitos outros trabalhos nessa área vêm sendo desenvolvidos, tanto no Brasil como no exterior, para tratar de temas ligados à eficiência no processo produtivo educacional. É interessante notar que tais trabalhos utilizam diferentes unidades de análise, assim como se dedicam a diferentes níveis, modalidades e etapas do ensino⁵ e apresentam

⁴ Por esse motivo, tal metodologia foi batizada de DEA-CCR. É conhecida também por DEA - Constant Returns to Scale (CRS), por calcular os escores de eficiência das DMUs sob a hipótese de retornos constantes de escala. Poucos anos depois, Banker, Charnes e Cooper (1984), doravante BCC, propuseram a adoção da hipótese de retornos variáveis de escala, o que deu origem ao DEA-BCC ou VRS. Maiores detalhes metodológicos serão explicados na seção própria a esse tipo de consideração.

⁵ No Brasil, apesar da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (BRASIL, 1996) não ser muito precisa em relação às definições ligadas à estrutura do ensino brasileiro, pela sua leitura, pelo conhecimento da realidade do país e pelas informações contidas no Censo Escolar (INEP, 2007a), é possível inferir que o

cada vez mais aperfeiçoamentos no que se refere à metodologia⁶. Em termos de unidade de análise, essas vão de departamentos de universidades a países, passando por unidades individuais, tais como escolas e universidades, além de distritos escolares, municípios e estados. Dado que essa dissertação se concentra nas questões de mensuração de eficiência ligadas à Educação Básica (EB), mais especificamente naquelas ligadas à Educação Fundamental (EF), e toma a escola como unidade de análise, maior ênfase será dada à literatura que aborda esse nível de ensino. O que não nos impede de fazer alguns breves comentários sobre os demais trabalhos produzidos, conforme se segue.

2.2) Literatura Geral

Johnes, J. e Johnes, G. (1995) aferiram medida de eficiência pelo DEA - CCR relativa aos departamentos de economia de 36 universidades do Reino Unido, especificamente no que se refere ao processo de produção de pesquisas. O referido método foi aplicado com base em informações de um período de 5 anos obtidas dos próprios departamentos, sobretudo no que diz respeito às publicações de cada um deles, e com base nas informações do Conselho de Financiamento das Universidades. Dentre as várias especificações testadas, escolheram como ponto de partida utilizar como produtos as publicações de cartas e artigos, considerando um peso maior para aqueles publicados em periódicos mais importantes, e, como insumo o número de pessoas por mês em atividades de ensino e pesquisa. Os autores tiveram a preocupação de testar a robustez dos resultados, não só a partir do cálculo dos escores DEA considerando mais de 190 combinações diferentes de insumos e produtos, como também comparando esses escores com a

ensino está dividido em dois grandes níveis, que são o Básico e o Superior; em três modalidades, que são o Ensino Regular, a Educação Especial e a Educação de Jovens e Adultos (EJA) e em várias etapas, que podem ser entendidas como as séries ou os anos.

⁶ Cooper, Seiford e Tone (2007, p. 70) comentam esse ponto.

classificação construída pelo referido Conselho. Por meio desse processo poucas divergências foram encontradas e os autores buscaram justificar essas ocorrências.

Lopes e Lanzer (2002) utilizaram um modelo DEA com algumas modificações para comparar 58 departamentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Para tanto, os autores geraram quatro diferentes medidas de eficiência por meio de um modelo nos moldes da análise da envoltória de dados, uma para cada dimensão escolhida para a avaliação, que são: ensino, pesquisa, extensão e qualidade. Após obterem tais medidas, as transformaram por meio de uma técnica chamada números difusos (*fuzzy numbers*) e em seguida agregaram os escores transformados por meio dos pesos mais favoráveis a cada unidade, obtidos por meio do método DEA. Ao fim desse processo, ordenaram as unidades e encontraram 15 departamentos considerados ineficientes, dentre os quais foi observada uma concentração de cursos ligados à área de saúde.

Coelli et al.(2005, p. 203-205), em resposta às dúvidas lançadas sobre o tamanho do departamento administrativo da *University of New England* (UNE), na Austrália, frente ao mesmo tipo departamento das outras universidades do país, fizeram um estudo para atestar se de fato o aludido departamento da UNE era ineficiente. Os autores, apesar de preferirem dados expressos em quantidades físicas, por considerá-los menos sujeitos a erros de mensuração, teve acesso apenas aos dados relativos aos gastos em pessoal administrativo e aqueles relativos a outros custos administrativos, variáveis que utilizaram como insumos. Como produtos, utilizaram o número de estudantes e de professores, ajustados para unidades *full-time*. Apesar de terem considerado tal modelo um tanto quanto simplista, os autores o tomaram como ponto de partida para posteriormente testar outras especificações. Nessas, as variáveis relativas a número de estudantes e ao gasto em pessoal administrativo foram substituídas, respectivamente, pelo número de matrículas e o pelo gasto total com bolsas de pesquisa, a fim de se verificar a robustez dos resultados. A partir dos dados do modelo base foram calculados os escores de eficiência por meio de dois modelos DEA, um VRS e outro CRS, que mostraram resultados bem parecidos, ambos apontando para a existência de ineficiência técnica na UNE. As outras variantes levadas a cabo, pela substituição das variáveis de produto, apesar de terem gerado escores um pouco maiores, continuaram a evidenciar que o departamento administrativo da UNE ainda tinha espaço para melhorar. Por fim, os autores procederam a um segundo estágio, por meio de uma regressão tobit, a fim de verificar se a ineficiência técnica identificada poderia ser justificada pelo alto número de matrículas em ensino à distância existentes na UNE,

consideradas mais dispendiosas do ponto de vista administrativo, o que não pôde ser comprovado.

Wilson (2005) aplicou a DEA e uma variante chamada Free-Disposal Hull (FDH)⁷ aos dados do PISA relativos ao ano 2000 com ênfase nos países em transição da antiga União Soviética. Elaborou variáveis de produto a partir de informações relativas às notas dos estudantes no referido exame, à série em que esses se encontravam aos 15 anos e ao número de estudantes em cada escola. Já como insumos, construiu variáveis relativas ao Nível Socioeconômico (NSE) dos alunos e ao número e à qualificação dos professores. Testou modelos insumo e produto orientados, além de diferentes hipóteses relativas aos rendimentos de escala. Adotou a escola como unidade análise, porém agregando os resultados por país. Seu estudo, após várias ressalvas acerca das limitações metodológicas e dos dados, concluiu que, pelo fato das ineficiências ligadas aos insumos terem-se mostrado maiores que aquelas ligadas aos produtos, as escolas dos países estudados estão operando com rendimentos decrescentes de escala, dentre outras conclusões específicas sobre cada país.

Já Afonso e Aubyn (2006) utilizaram dados do PISA 2003, além de outros dados da OECD, a fim de calcularem por meio do modelo DEA – BCC combinada com a regressão tobit e com técnicas de *bootstrap*, as medidas de eficiência para 25 países da OECD. Concluíram por meio dos dois tipos de metodologias utilizados que a renda *per capita* e a educação parental são variáveis muito influentes na medida de eficiência de cada país. A partir dessa constatação corrigiram os índices de eficiência obtidos pela DEA e construíram um ranking consideravelmente diferente daquele obtido apenas a partir das medidas obtidas como resultado da primeira aplicação da DEA.

⁷ Basicamente, é uma técnica não-paramétrica, como a DEA, mas que difere dessa por não ter a convexidade como pressuposto.

2.3) Literatura Específica

Feitos esses breves comentários sobre os trabalhos inseridos nessa grande área de medidas de eficiência relacionadas à educação, voltemos àqueles mais especificamente ligados à presente dissertação. Seguindo a cronologia, os artigos mais relevantes após CCR (1981), são os de Bessent, A. e Bessent, W. (1979) e Bessent, et al. (1982). O primeiro artigo consiste na aplicação do modelo DEA-CCR a 55 escolas primárias de um distrito escolar urbano na Califórnia que contava com 60.000 alunos frequentes. Para tanto, com base em um estudo já existente sobre esse distrito e com o apoio da administração escolar dessa região, os autores selecionaram duas variáveis de produto e treze, de insumo. As primeiras são a nota mediana dos alunos em testes padronizados de leitura e de matemática. Já as últimas treze compreendem as notas da edição anterior dos citados exames padronizados, medidas *proxies* tanto para as condições familiares e da vizinhança dos estudantes, como para as condições internas de cada escola, além de variáveis relativas ao clima organizacional da escola e ao processo instrucional dentro da sala de aula. A maioria das variáveis de insumo foi expressa em termos percentuais⁸, e.g., percentual de alunos anglo-americanos, percentual de alunos provenientes de famílias não consideradas de baixa renda etc.

Os autores justificaram a escolha das variáveis elencadas no parágrafo anterior com base em quatro critérios: (1) conceitual; (2) existência de uma relação mensurada empiricamente entre esses insumos e produtos⁹; (3) verificação de uma relação positiva entre insumos e produtos, ou seja, aumentos nos insumos estarem relacionados a aumentos

⁸ Bessent et al. (1982, p. 1360) argumentam que essa é uma boa forma para se expressar as variáveis relativas aos insumos, pois apresentam interpretação intuitiva e usual. Ademais, os autores testaram a sensibilidade dos resultados da DEA à forma de se expressar tais insumos. Para tanto, fizeram transformações logarítmicas e quadráticas nessas variáveis sem que houvesse modificações significativas nos resultados.

⁹ Bessent, A. e Bessent, W. (1979, p. 11) conduziram regressões múltiplas dos produtos sobre os insumos cujos coeficientes de determinação superaram 0,90. (p. 11)

nos produtos e; (4) ausência de valores iguais a zero, por força da exigência formal do método, os quais foram substituídos pelo valor 0,01¹⁰.

Como resultado da aplicação acima descrita, obteve-se um ranking de eficiência das 55 escolas em questão, dentre as quais 33 foram consideradas eficientes. Para as restantes, consideradas ineficientes, foram apontados os possíveis motivos pelos quais foram assim rotuladas e a partir daí foram sugeridas medidas que cada escola poderia implementar tendo em vista a eficiência plena. Para algumas escolas os autores destacam a dificuldade em se buscar tais melhorias uma vez que suas ineficiências recaem sobre variáveis não controláveis pelos gestores da escola, tais como a composição étnica e nível de renda dos alunos. Essas dificuldades certamente motivaram o desenvolvimento de variantes da DEA que passaram a levar em consideração essa diferenciação entre variáveis discricionárias e não discricionárias, tanto por meio de modificações nas restrições do método DEA original, como descrito em (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 215-255), como pela combinação desse método com técnicas paramétricas em dois ou três estágios¹¹, conforme apresentado em (COELLI et al., 2005, p.194), (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 423-441) e (THANASSOULIS; PORTELA; DESPIĆ, 2008, p. 340-353).

O trabalho de Bessent et al. (1982) apresenta aplicação bem semelhante à do artigo anterior tanto em termos de metodologia como da escolha das variáveis para insumos e produtos, assim como em termos das razões para tal escolha¹². O estudo foi realizado a partir de dados relativos a 167 escolas do Distrito Escolar Independente de Houston, a pedido da administração escolar da região. O que merece maior destaque nesse trabalho é a argumentação um pouco mais aprofundada dos autores a respeito das vantagens da abordagem DEA em relação aos métodos econométricos também utilizados para abordar

¹⁰ Conforme explicam Thanassoulis, Portela e Despić (2008, p. 309-312), inicialmente só se consideravam os dados estritamente positivos nos primeiros trabalhos que aplicavam tanto DEA - CRS, como DEA com retornos variáveis de escala (VRS), também chamado de DEA - BCC, modelo que será tratado adiante. Porém, com o tempo, descobriu-se que seria possível utilizar dados com valores zero e até mesmo negativos e aprendeu-se mais sobre as implicações desse uso nos resultados em cada caso, o que será melhor discutido na seção desse trabalho dedicada aos dados.

¹¹ Como é o caso da técnica empregada nessa dissertação, atribuída a Fried et al. (2002).

¹² Os autores comentam que têm consciência de que as notas obtidas em testes padronizados não representam fielmente os resultados produzidos pelas escolas, mas que não havia disponibilidade de demais informações representativas desses resultados. Sobre os inputs, eles comentam que são possíveis outras escolhas, mas justificaram aquela pela disponibilidade das informações e pelo fato de serem medidas bem compreendidas pelos administradores escolares. Além disso, as consideraram suficientes para levar o estudo adiante, não descartando a inclusão de outras variáveis futuramente.

questões acerca do processo produtivo escolar e alguns comentários interessantes que serão reportados a seguir.

Um desses comentários é sobre a possível mudança de comportamento tanto dos gestores escolares como das escolas diante dos resultados apresentados pela metodologia em questão. Com mais informações acerca das fontes de ineficiência das escolas, os gestores educacionais poderão alocar os recursos de uma maneira melhor, privilegiando, por exemplo, as escolas mais eficientes. Dentre tais escolas, ao contrário do que poderíamos imaginar, podem figurar escolas que apresentam baixos resultados nos testes padronizados, geralmente negligenciadas pelo fato dos testes serem tomados como principal critério para separar as escolas boas das ruins até então. Provavelmente a competição entre as escolas também será fomentada, já que todas elas, em busca de mais recursos, trabalharão para atingir melhores patamares de eficiência.

Por fim, um ponto importante é o que diz respeito à confiabilidade dos resultados apresentados. A fim de testar esse aspecto do método, os autores pediram para o Superintendente Geral do Distrito Escolar em tela e sua equipe para classificarem 40 escolas, uma a uma, dentre as 167 estudadas, como problemática ou excelente, antes que eles soubessem quais foram os resultados produzidos pela técnica DEA. Em seguida, os pesquisadores verificaram que houve uma perfeita correspondência com os resultados calculados, até mesmo na identificação dos fatores que explicavam a ineficiência de cada escola.

Ao longo dos vinte anos subsequentes muitos trabalhos na mesma linha dos apresentados acima foram publicados, principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra.. Bradley, Johnes e Millington (2001) cotejaram 12 trabalhos, além dos dois primeiros citados nessa seção, produzidos desde os fins da década de 70 até o trabalho deles próprios. Os autores organizaram tais trabalhos em um quadro comparativo destacando, para cada artigo, as seguintes informações: nível de ensino eleito como foco do estudo, unidade de análise adotada, insumos e produtos escolhidos, além de comentários para alguns trabalhos.

Todos esses artigos reunidos se ocupam do nível básico de ensino, as unidades de análise são em geral escolas e distritos escolares. As metodologias escolhidas são as mais variadas dentro dessa seara de medidas de eficiência. Porém, o que salta aos olhos nesse quadro são as escolhas das variáveis de produtos e insumos.

Em relação às variáveis de produto, parece que são um exemplo do que vem persistindo ao longo do tempo nessa literatura. Em que pese a ressalva de vários autores, de que notas em exames padronizados não sintetizam da melhor maneira os produtos e resultados que se esperam de uma escola, são essas as informações disponíveis. Desse modo, em todos os trabalhos listados, são utilizados tais dados e suas variantes como medidas de resultado. Além dessas, ainda nessa categoria de produtos e resultados, observa-se ainda o uso das seguintes variáveis: número de matrículas, o número de alunos aprovados, o número de alunos empregados ou que vão para a faculdade.

Acerca da eleição das variáveis de insumo, observamos que não há consenso nesse processo de escolha, além do que, a gama de variáveis usada é maior que aquela relativa às variáveis de produto. Exemplos das variáveis utilizadas são: média e mediana das notas em exames padronizados anteriores, percentual de alunos não provenientes de minorias, percentual de alunos que não recebem merenda escolar, razão professor-aluno, números de professores, gastos em professores e pessoal administrativo, outras despesas relacionadas ao ensino, dentre outras.

No Brasil, esse tipo de pesquisa começou a produzir seus primeiros resultados em meados da década de 1990, por meio de trabalhos provenientes principalmente de Departamentos de Economia, de Educação e de Engenharia da Produção. Ao longo da década de 1980 até o Plano Real em 1994, convivemos com altas e aceleradas taxas de inflação que não nos permitiam sequer um diagnóstico da nossa situação fiscal (GIAMBIAGI; ALÉM, 2008, p. 43-44). Desse modo, se não se sabia nem quanto se gastava exatamente em cada área vis-à-vis as receitas disponíveis, não havia nem o que se falar em eficiência no emprego dos recursos. Apenas a partir da estabilização da nossa moeda é que esse tipo de discussão começou a fazer sentido.

Moita (1995) em sua dissertação de mestrado em engenharia de produção aplicou o modelo DEA-BCC insumo orientado juntamente com a técnica de Mínimos Quadrados Corrigidos (COLS)¹³ a 14 escolas da rede municipal do município de Rio Grande, localizado no estado do Rio Grande do Sul. Coletou as informações utilizadas em seu trabalho por meio da aplicação de questionários às escolas escolhidas, que segundo a autora

¹³ Em inglês, *Corrected Ordinary Least Squares*.

refletiam a variedade de contextos do município. Considerou como variável de produto a taxa de aprovação dos alunos. Já as variáveis referentes aos insumos foram divididas em dois grupos: insumos controláveis pelas escolas e os não controláveis. No primeiro grupo estão: o número de professores por aluno, o número de funcionários administrativos por aluno e o número de alunos que concluíram o ano letivo. No segundo, estão: o número de alunos que trabalham, o número de pais que ganham no máximo um salário-mínimo e o número de pais analfabetos. No primeiro estágio do trabalho a autora calculou os escores de eficiência pela DEA-BCC utilizando a variável de produto e as relativas aos insumos controláveis. Nesse estágio ela identificou 10 escolas como ineficientes. No segundo estágio, primeiramente foram regredidos os escores de eficiência relativos às unidades ineficientes, obtidos no passo anterior, contra seus respectivos insumos não controláveis. A partir desses resultados, os escores de eficiência foram ajustados, de forma a levarem em conta esses efeitos externos. De todo esse processo apenas 3 unidades permaneceram ainda como ineficientes.

Delgado e Machado (2007) utilizaram uma metodologia DEA-CCR produto orientada, também em dois estágios, porém, um um pouco mais sofisticada do que a empregada no trabalho citado no parágrafo anterior, chamada de DEA *bootstrap*, proposta por Simar e Wilson (2008, p. 501-505). O exercício proposto pelos autores considerou dados de diversas fontes para o ano de 2003 acerca das 2.458 escolas estaduais de educação básica de Minas Gerais. Em termos gerais concluíram que as escolas situadas nas mesorregiões centrais do estado são as mais eficientes, apesar da ocorrência de escolas eficientes em regiões mais pobres do estado, tais como a do Jequitinhonha e a do Norte de Minas. Verificaram também a ocorrência de rendimentos crescentes de escala em escolas localizadas em regiões mais pobres e de rendimentos decrescentes naquelas localizadas em regiões mais ricas. Por fim, por meio do segundo estágio puderam atestar os efeitos ambientais nas medidas de eficiência calculadas no primeiro estágio, tais como: os efeitos positivos encontrados tanto para as boas condições familiares como para aquelas de infraestrutura básica das escolas e os efeitos negativos relacionados ao fato da escola possuir aparelhos de televisores e outros equipamentos de mídia correlatos.

Miranda e Rodrigues (2010), por sua vez, fizeram um balanço de vários trabalhos produzidos no Departamento de Educação da Universidade de Campinas sobre a avaliação de escolas por meio da DEA desde 2005 e discutiram os méritos desse tipo de pesquisa. A fim de ilustrarem seus argumentos, apresentaram dois exercícios de aplicação do método

DEA – CCR produto orientado a partir de dados fornecidos pela rede municipal de ensino de Campinas, relativos a 34 escolas da referida rede. No primeiro exercício calcularam os escores de eficiência de maneira tradicional e no segundo, impuseram a importância relativa de cada insumo nas escolas, por considerarem que resultados de eficiência baseados no uso extremado de poucos insumos não é algo realista.

Dentre os trabalhos citados por Miranda e Rodrigues (2010) estão as teses de Doutorado, de Miranda (2008) e de Almeida (2009). Ambas utilizaram a metodologia DEA e se dedicaram, respectivamente, a estudar os aspectos relativos à eficiência das escolas municipais de educação fundamental da cidade de Campinas e de amostras de escolas públicas de ensino fundamental dessa mesma cidade, além daquelas de Belo Horizonte e do município do Rio de Janeiro.

Alves Júnior (2010) empregou, em linhas gerais, a mesma metodologia a ser utilizada no presente trabalho aos estados brasileiros e ao Distrito Federal, considerando aí os dados agregados dos municípios, com a intenção de comparar a eficiência desses entes na aplicação de seus recursos tanto no Ensino Fundamental como no Médio, dentro de um período de 14 anos contados a partir de 1995. Os dados utilizados advieram de fontes diversas, tais como: Microdados do Censo Escolar e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB)¹⁴, Secretaria do Tesouro Nacional (STN), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). No primeiro estágio, para a condução da DEA – CCR¹⁵, as notas de português e matemática na ANEB, o número de matrículas e o número de alunos na série adequada foram escolhidos como variáveis relativas a resultados e as variáveis referentes ao salário dos professores, à infraestrutura e ao número de funcionários e de professores, como insumos. No segundo estágio, os excessos desses insumos, apurados no passo precedente, foram regredidos, por meio da SFA, em 9 variáveis correspondentes às características socioeconômicas de cada ente

¹⁴ O SAEB surgiu em 1990 e já passou por várias transformações ao longo do tempo, em termos de formato, abrangência e metodologia. Em 2005, conforme veremos adiante, esse sistema foi reestruturado e passou a abrigar duas formas de avaliação, uma amostral chamada Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB), que engloba todas as escolas brasileiras, inclusive as particulares, e outra censitária, chamada Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (ANRESC), também conhecida como Prova Brasil, que abrange apenas escolas públicas. Convém comentar que Alves Júnior (2010) utilizou os dados relativos à avaliação amostral, enquanto, no presente trabalho, serão utilizados os dados referentes à avaliação censitária.

¹⁵ Mais especificamente, foi empregada uma técnica de DEA múltipla, na qual o escore de eficiência final considera uma média de escores resultantes de cálculos feitos com todas as combinações de insumos e produtos possíveis.

nacional. Nesse passo, constatou-se a necessidade de se purgar as medidas de eficiência produzidas no primeiro estágio da influência desses fatores e daqueles aleatórios, a fim de se obter uma medida pura de eficiência gerencial para cada unidade da federação, o que foi logrado. Em relação a essa medida pura de eficiência gerencial, os estados que se mostraram mais eficientes foram os das regiões Sul e Sudeste, aqueles da região Norte e alguns da Nordeste figuraram no pólo oposto.

Convém ainda comentar sobre o trabalho de Barbosa e Wilhelm (2009), que calcularam escores de eficiência por meio da DEA-CCR para 44 escolas de ensino fundamental e médio, localizadas Núcleo Regional de Educação de Paranavaí – Paraná, que abrange 21 municípios, com dados referentes ao ano de 2005, provenientes basicamente de questionários aplicados a essas escolas e notas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e do SAEB. Por meio desse estudo verificaram que 55% das escolas da região estão operando em plena eficiência técnica.

Todos os trabalhos da literatura nacional citados nessa seção, que adotam a escola como unidade de análise, lidam com um universo de escolas pertencentes a uma ou algumas cidades, com abrangência máxima de um estado completo. Em decorrência disso muitas das amostras estudadas, exceto a do trabalho de Delgado e Machado (2007), estão na casa das dezenas ou centenas, o que pode gerar estimativas viesadas de eficiência devido à chamada “maldição da dimensionalidade”. Intuitivamente esse fenômeno pode ser explicado da seguinte maneira: quando a amostra é pequena diante do número de dimensões do problema, leia-se número de variáveis de insumo e produto, os intervalos de confiança tendem a ser maiores, na medida em que o método tenta extrair muita informação de poucos dados (COELLI et. al. , 2005, p. 203). Por essa razão, para fins de estimação é sempre verdade que mais dados são melhores que menos dados, o que decorre da propriedade da consistência. No caso dos estimadores não-paramétricos, como aqueles obtidos pelo método DEA, essa máxima é mais que duas vezes verdadeira, ela é exponencialmente verdadeira (SIMAR; WILSON, 2008, p. 441)¹⁶.

Ainda com relação aos trabalhos aqui comentados, observou-se também que, na escolha das variáveis de insumos e produtos, a maioria desses trabalhos segue o padrão

¹⁶ Para uma discussão mais técnica sobre esse ponto vide (SIMAR; WILSON, 2008, p. 439-445).

identificado na literatura internacional, que, como já mencionado, aponta para um consenso maior na eleição das variáveis relativas a produtos em torno de variáveis tais como notas em exames padronizados e número de matrículas, o que não ocorre da mesma maneira quando se trata das variáveis relativas a insumos.

Diante dessas constatações, conclui-se que a presente dissertação poderá representar uma contribuição à literatura em questão, na medida em que propõe estudar a eficiência das escolas públicas brasileiras de duas importantes regiões geográficas, o Nordeste e o Sudeste, o que permitirá o estudo de uma amostra grande, de cerca de 8 mil escolas, adotando como unidade de análise a escola, a partir de dados censitários de um grupo importante de escolas, a saber, as escolas públicas urbanas avaliadas pela Prova Brasil 2007.

3) Metodologia

3.1) Visão Geral

A metodologia escolhida, como já ressaltado, é a combinação do método DEA com a SFA em uma abordagem em três estágios, batizada por seus idealizadores, Fried et al. (2002), como DEA em três estágios. Essa metodologia foi concebida com o objetivo de separar a medida de eficiência resultante da aplicação do método DEA em três partes, a saber, uma atribuída a fatores externos, outra, a fatores aleatórios e a restante, ao nível de habilidade gerencial do responsável pelo processo em estudo.

No primeiro estágio dessa metodologia aplicamos o método DEA aos insumos e produtos relativos ao processo em análise. No segundo estágio, utilizamos a técnica das Fronteiras Estocásticas (SFA), proposta simultaneamente por Aigner et al. (1977) e Meeusen e Van Den Broeck (1977). Nesse passo, o excesso de cada insumo (ou a insuficiência de cada produto) identificado no primeiro estágio é considerado variável dependente, enquanto as variáveis chamadas de ambientais, que não estão sob controle do gestor do processo, são consideradas variáveis independentes. O mesmo pode ser feito utilizando-se as variáveis que indicam a insuficiência de produto como variáveis dependentes. Isso estará relacionado à orientação escolhida para o modelo, que será para insumo, no primeiro caso, e para produto no segundo.

Como a metodologia SFA possui um termo erro que abrange dois componentes, um atribuído, por hipótese, a fatores aleatórios e outro, da mesma maneira, às ineficiências gerenciais, a partir daí conseguimos abrir o excesso de insumo em três componentes, como já comentado, que são: o ambiental, o aleatório e o gerencial. De posse desses valores, ajustamos as variáveis de insumo (ou de produto) de duas maneiras possíveis: (1) ou

penalizando as unidades que possuem mais “sorte”²⁸ e melhores fatores ambientais, (2) ou favorecendo aquelas em situação contrária, de modo a colocá-las em condições de igualdade para serem comparadas apenas no que diz respeito aos seus aspectos gerenciais. Feito esse ajuste, recalculamos os escores DEA utilizando os dados ajustados. Desse novo cálculo, esperamos que as medidas obtidas reflitam primordialmente o grau de eficiência gerencial das unidades em estudo. Esse mesmo procedimento é análogo para o caso orientado para produto.

Feita essa breve apresentação do método, pergunta-se: como ele se aplica às escolas públicas brasileiras? Porque a metodologia em questão é adequada para tratar o problema proposto?

3.2) Adequação da metodologia ao problema proposto

Parece óbvio pensar que as melhores escolas são aquelas que obtêm as melhores médias nos exames padronizados, tais como na Prova Brasil, da qual falaremos adiante. Porém, ao julgarmos as escolas dessa maneira corremos o risco de cometer grandes injustiças, já que a eficiência no emprego dos recursos disponibilizados às escolas é um fator de difícil percepção, mensuração e comparabilidade. Dito de outro modo, uma escola que obteve médias baixas pode estar inserida em um contexto desfavorável, de forma que, dado esse contexto, a nota que seus alunos obtiveram foram as melhores possíveis.

Pensemos em uma escola situada em uma região pobre, que possua instalações precárias, professores mal qualificados, que atenda alunos que possuam carências

²⁸ Ou mais elementos residuais, não identificados, que as favorecem de alguma maneira. Nessa metodologia, esses fatores são tratados, por hipótese, como aleatórios, por isso o uso da palavra “sorte”. Estamos cientes desse aspecto do método, porém, ao longo de todo esse trabalho, por uma questão de conveniência, utilizaremos a expressão fatores aleatórios, sem especificar todo tempo que nos referimos a elementos residuais tratados como aleatórios.

alimentares, oriundos de famílias pobres, tanto em termos culturais como econômicos. Se pudéssemos sintetizar todas essas condições em um número, suponhamos que a tal escola seja atribuída a “nota” 1, em uma escala de 1 a 10, sendo essa considerada uma medida de seus insumos. Para essa mesma escola, suponhamos que, em termos de resultados nos exames padronizados, seus alunos tenham alcançado média 4, em uma escala de 0 a 10. Fazendo-se a razão entre a medida do resultado obtido e a medida dos recursos empregados, obtemos uma medida de eficiência, que para essa escola seria igual a 4. Já para uma escola inserida em um melhor contexto, que possua, por exemplo, “nota” 4 em termos de recursos e média 8 nos exames padronizados, essa teria um índice de eficiência igual a 2, exatamente a metade da escola que parecia ser pior.

Para que a escola mais abastada (menos eficiente, nesse caso) atinja o grau de eficiência da escola mais pobre (eficiente), ou ela precisa melhorar seus resultados ou empregar menos recursos e manter seus resultados. Já a escola menos favorecida, dada sua boa prática, ela pode servir de exemplo para as demais, além de se mostrar merecedora de mais recursos, esperando-se que, com isso, ela obtenha melhores resultados proporcionalmente.

3.3) Alguns aspectos formais acerca da metodologia

3.3.1) 1º Estágio – DEA - BCC

Antes de entrarmos na técnica propriamente dita, discutiremos os pressupostos e conceitos requeridos para aplicá-la (THANASSOULIS; PORTELA; DESPIĆ, 2008, p. 252 e 255). O primeiro conceito importante é o de Conjunto de Possibilidade de Produção (CPP), definido a partir do conhecimento das variáveis relativas aos insumos e produtos

utilizados pelas DMUs em seu processo produtivo. Tal conjunto, representado por T , abrange todas as correspondências factíveis entre os insumos $x \in \mathfrak{R}_+^n$ capazes de produzir os produtos $y \in \mathfrak{R}_+^m$,²⁹ e pode ser representado como:

$$T = \{(x, y) \in \mathfrak{R}_+^{n+m} | x \text{ pode produzir } y\}$$

Esse conjunto deve obedecer aos seguintes pressupostos: (1) convexidade, (2) monotonicidade (ou livre descarte dos insumos e produtos), (3) inclusão de observações, (4) impossibilidade de produção com quantidade zero de insumos, (5) retornos constantes de escala e (6) extrapolação mínima.

A convexidade nos diz que para cada dois conjuntos de insumos e produtos existentes, a combinação convexa³⁰ desses conjuntos estará também presente no CPP. A monotonicidade significa que as quantidades de insumos utilizadas podem ser diminuídas continuamente até um valor mínimo que pertença ao CPP, enquanto os produtos podem ser incrementados continuamente, limitados a um valor máximo que também pertença ao CPP. Sobre a inclusão de observações, todas as DMUs observadas estão contidas no CPP. O quarto pressuposto tem sentido óbvio. O quinto vale para o modelo mais simples a ser comentado a seguir. Conforme veremos, ele pode ser substituído por outros, tais como retornos variáveis de escala. O último pressuposto simplesmente afirma que o CPP é a intersecção dos conjuntos que satisfazem a todos os pressupostos listados, o que na linguagem matemática pode ser escrito como:

$$T = \{(x, y) | \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y, \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq x, \lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n\}$$

²⁹ Os vetores de insumos e produtos devem ser não-negativos.

³⁰ Soma ponderada por fatores, não-negativos, cuja soma é 1.

De posse dessas definições, passaremos à descrição da abordagem DEA. A forma mais simples desse método é a variante DEA - CRS ou CCR (1978)³¹, Para entender como se aplica tal técnica, conforme nos ensina Coelli et al. (2005, p. 162-164), pensemos na situação em que desejamos ordenar I DMUs, em termos de suas eficiências técnicas, tomando como referência as melhores do grupo. Essas são as unidades consideradas como 100% eficientes que adotam as melhores práticas, ou seja, produzem mais a partir do uso da menor quantidade possível de insumos. Já as demais unidades atingem apenas uma fração dessa medida de eficiência, quando comparadas às melhores. Mais concretamente, pensemos que essas I firmas produzam M produtos a partir de N insumos, representados respectivamente pelos vetores coluna y_i e x_i . Em termos matemáticos cada unidade produtiva se depara com o seguinte problema:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} \frac{u'y_i}{v'x_i} \\ & s. a. \frac{u'y_j}{v'x_j} \leq 1, \quad j = 1, 2, 3, \dots, I \\ & u, v \geq 0^{32} \end{aligned}$$

Em que os vetores u e v , de dimensões $M \times 1$ e $N \times 1$, nessa ordem, são as ponderações necessárias à agregação dos vários produtos e dos vários insumos de cada unidade produtiva, a fim de se formar a razão acima a ser maximizada. É interessante notar que esses vetores emergem como resultados do problema exposto. Isso é particularmente útil quando lidamos com organizações governamentais ou sem finalidade lucrativa, como é o nosso caso, para as quais muitas vezes não há disponibilidade de dados relativos aos

³¹ Coelli (2005, p. 162) comenta que em trabalhos anteriores, especificamente nos de Boles, Shephard e Afriat, em 1966, 1970 e 1972, respectivamente, já haviam sido desenvolvidos os métodos de programação matemática capazes de gerar os mesmos resultados, porém, foi só com o trabalho de CCR (1978), que esse tipo de técnica ganhou visibilidade.

³² O apóstrofo nessa formulação significa vetor transposto.

preços de mercado de seus produtos e insumo, que são os valores geralmente utilizados nesse tipo de agregação.

O problema em forma de razão, apresentado acima, é resolvido para cada unidade tendo como restrição as outras. Dito de outro modo, cada unidade busca a máxima razão insumo produto, que é 1, de forma que a mesma razão não ultrapasse 1 para as demais unidades. Essa formulação, apesar de intuitiva, apresenta o inconveniente de possuir infinitas soluções. A fim de resolver isso, podemos igualar o denominador da razão a ser maximizada a 1 e incluir essa informação nas restrições, colocando o problema no formato chamado de multiplicativo, conforme abaixo:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\mu, \nu} \mu' y_i \\
 & \nu' x_i = 1 \\
 & s. a. \quad \mu' y_j - \nu' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, 3 \dots, I \\
 & \mu, \nu \geq 0
 \end{aligned}$$

A forma multiplicativa, apesar de ter solução factível, pode se tornar ainda mais simples se expressa por meio de seu problema dual, que permite a redução do número de restrições envolvidas no problema de $I+1$ para $N+M$, conforme se vê abaixo:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta \\
 & s. a. \quad -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

Em que Y e X são os vetores dos produtos e dos insumos de todas as firmas, com dimensões $M \times I$ e $N \times I$, respectivamente. O problema acima é resolvido I vezes, uma, para

cada DMU i , e apresenta como resultados uma medida radial de eficiência θ e um vetor λ de constantes, de dimensões $I \times 1$. O escalar θ deve ser menor ou igual a um e é limitado inferiormente por zero, quando assume valor igual a 1 indica eficiência técnica plena³³ da DMU, conforme a definição de Farrell (1957). O vetor λ expressa a intensidade com que insumos e produtos devem ser empregados e produzidos, respectivamente, para que a DMU se torne tecnicamente eficiente. As quantidades de insumos e produtos multiplicadas por essa intensidade, portanto, representam as metas (*targets*) que as DMUs devem buscar alcançar a fim de se tornarem eficientes. Em linguagem mais técnica, esses *targets* são as projeções dos pontos que representam o processo produtivo de cada unidade na fronteira, que é o *locus* das combinações de insumos e produtos consideradas tecnicamente eficientes. É interessante notar que esse vetor λ , ao mostrar as intensidades ideais de cada insumo e de cada produto para cada DMU, indica também qual o conjunto tomado como referência para avaliar cada unidade produtiva. Se no vetor λ da DMU 1, por exemplo, apenas dois de seus componentes, λ_3 e λ_5 , são diferentes de zero, isso significa que as quantidades de insumos e produtos ideais para a DMU1 são uma combinação linear dos insumos e produtos das DMUs 3 e 5, que, por isso, são chamadas de *peers* da DMU 1.

De acordo com Tone, Seiford e Cooper (2007, p. 44), a interpretação do problema dual acima pode ser feita da seguinte maneira: as restrições do problema requerem que o conjunto $(\theta x_i, y_i)$ pertença ao CPP enquanto a função objetivo busca o menor θ que reduz o vetor de insumos x_i , radialmente para θx_i de forma que esse continue dentro do CPP.

Convém destacar que o modelo aqui discutido é o insumo orientado. Aquele de orientação oposta é análogo ao já apresentado e gera os mesmos resultados, no caso do modelo de retornos constantes. O que passa a não ser verdade quando se relaxa o pressuposto de retornos constantes de escala. Cumpre esclarecer que a medida de eficiência de Farrell (1957) no modelo produto orientado assume valores maiores ou iguais a um, sendo que os valores iguais a um indicam as DMUs eficientes e valores maiores que um indicam as unidades ineficientes. Caso a DMU apresente uma medida de eficiência $\eta = 1,25$, por exemplo, isso significa que ela deve aumentar em 25% o seu *mix* de

³³ As expressões eficiência técnica e radial são usadas como sinônimas indicando que se $\theta < 1$ a DMU pode reduzir proporcionalmente os seus insumos em no máximo $(1-\theta)$ sem, no entanto, alterar seu *mix* de insumos (proporção em que tais insumos são empregados). (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 45).

produtos, mantidas suas proporções e fixados seus insumos, a fim de se tornar tecnicamente eficiente. Essa medida também é apresentada pelo seu inverso, nesse caso, igual a 0,80, que corresponde ao conceito de função distância do produto de Shephard³⁴ (LOVELL; SCHDMIDT, 2008, p. 21-22). Nesse caso, apesar de não podermos interpretar essa medida quantitativamente, sabemos que quanto maior seu valor, mais eficiente é a unidade sob avaliação. Por essa intuição adotamos essa maneira de expressar a medida de eficiência no presente trabalho.

A formulação que considera retornos variáveis de escala, proposta por BCC (1984), adiciona uma restrição de convexidade ao modelo anterior, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \forall j$, o que, na prática, além de tornar o modelo mais realista, torna as medidas de eficiência maiores ou iguais à produzida pelo modelo CRS. Isso se explica pelo fato das medidas de eficiência passarem a ser calculadas pela comparação de unidades de tamanho parecido, o que não ocorria na versão anterior. Outra característica do modelo VRS que merece atenção, conforme já ressaltado, é que a adoção de orientações diferentes (insumo ou produto) não necessariamente irá gerar a mesma medida de eficiência.

Outro conceito importante quando tratamos dessas medidas de eficiência técnica são os *slacks*, conhecidos também como excessos de insumo, S^- ou insuficiências de produto, S^+ . É importante notar que esses excessos/insuficiências são restrições do problema dual apresentado e devem ser sempre maiores ou iguais a zero. Matematicamente, para o modelo insumo orientado, são expressos conforme abaixo:

$$S^- = \theta x_i - X\lambda$$

$$S^+ = Y\lambda - y_i$$

Tais *slacks* representam a diferença entre a projeção da DMU na fronteira $(X\lambda, Y\lambda)$ e os valores ótimos dos insumos, obtidos pela redução proporcional (radial) máxima dos

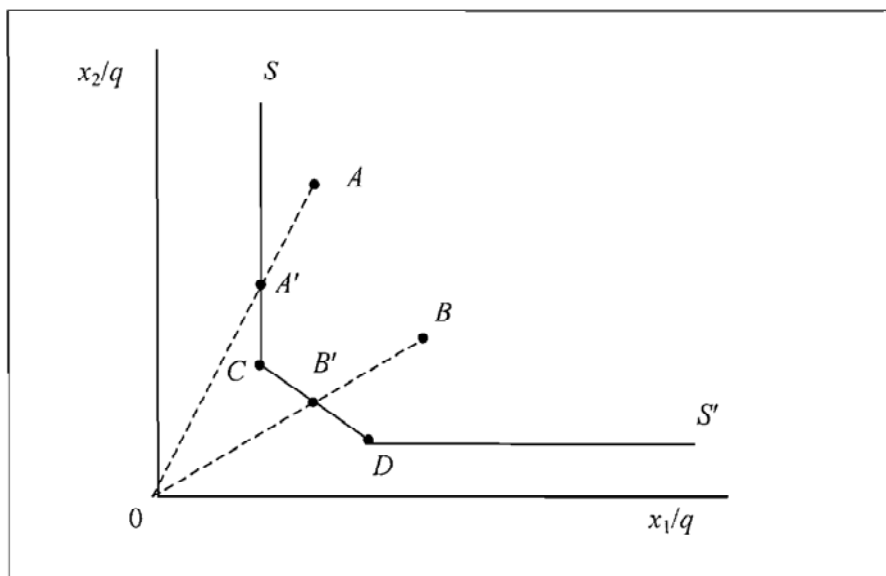
³⁴ $D_o(x, y) = \min \left\{ \lambda: \left(\frac{y}{\lambda} \right) \in P(x) \right\}$, sendo $P(x) = \{y: (x, y) \in T\}$ a tecnologia de produção.

insumos sem mudanças na sua composição, no caso do modelo orientado para insumos. Por essa razão tais *slacks* são chamados de *slacks* radiais (THANASSOULIS; PORTELA; DESPIĆ, 2008, p. 360). Para o modelo produto orientado, esses valores são análogos. Desse modo, a medida de eficiência técnica gerada pelo modelo orientado a produto, η , multiplicará y_i na segunda expressão, ao passo que, na primeira, o vetor x_i será multiplicado por um vetor unitário (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 58-59).

Seria natural pensarmos que as DMUs eficientes sejam aquelas que apresentam medida de eficiência técnica igual a 1, $\theta = 1$, e *slacks* radiais iguais a zero, situação identificada com o conceito Pareto-Koopmans de eficiência³⁵. Todavia, pela observação das restrições da formulação dual apresentada percebemos que os modelos DEA, tanto CRS como VRS, não nos garantem que as unidades cuja medida de eficiência técnica seja igual a um sejam também Pareto-Koopmans eficientes. Dito de outro modo, nos referidos modelos DEA os pontos alcançados pelas DMUs na fronteira, como resultado da redução radial máxima dos insumos (ou aumento radial máximo dos produtos), podem estar associados a *slacks* diferentes de zero. Esses *slacks* radiais positivos indicam a existência de um tipo de ineficiência não radial, que só poderá ser remediada caso seja alterada a proporção entre os insumos ou entre os produtos, que levem tais *slacks* a zero, o que conduzirá a DMU em questão para os pontos da fronteira considerados Pareto-Koopmans eficientes.

Coelli et al. (2005, p. 164-166) ilustram bem essa limitação dos modelos DEA-CCR e BCC, apontada no parágrafo anterior, inclusive graficamente, conforme vemos abaixo:

³⁵ Koopmans aplicou à produção o conceito de eficiência de Pareto, desenvolvido no contexto da Economia do Bem-Estar (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 68-69). Nessa situação a DMU não pode aumentar sua produção ou reduzir o emprego de um insumo sem prejudicar a produção dos demais produtos ou diminuir o emprego dos demais insumos.

Gráfico 03 - Exemplo *slack* radial no caso insumo orientado

Fonte: (COELLI et al. , 2005, p. 165).

O gráfico acima ilustra uma fronteira orientada para insumos gerada pela resolução do problema dual, já apresentado, para o caso de quatro DMUs que produzem um produto “q”, a partir de dois insumos, x_1 e x_2 . As DMUs C e D são consideradas eficientes, pois fazem parte da fronteira. Já as DMUs A e B são consideradas ineficientes. Pela redução radial de seus insumos, seguindo as linhas pontilhadas no gráfico acima, atingirão a fronteira nos pontos A' e B'. Porém, no caso da DMU A, além da redução radial, ainda é possível a redução de seu insumo x_2 , sem que seja alterada a quantidade do insumo x_1 , até que seja alcançado o ponto C. Essa diferença no insumo x_2 entre os pontos A' e C é o *slack* radial.

Uma forma de tentar identificar os pontos mais eficientes da fronteira é resolver um problema de maximização relativo à soma dos *slacks* radiais dos insumos e dos produtos de cada DMU, independentemente da orientação (insumo ou produto) escolhida, dados os escores de eficiência, θ , obtidos pela resolução do problema dual já apresentado (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007, p. 44) e (COELLI et al., 2005, p. 198). Dessa maneira, as unidades Pareto-Koopmans eficientes serão aquelas cuja medida de eficiência encontrada pelo algoritmo usual da DEA seja igual a 1, $\theta = 1$, e a soma máxima de seus *slacks* radiais, apurada nessa segunda fase, seja zero. A formulação matemática dessa etapa encontra-se abaixo:

$$\max_{\lambda, S^-, S^+} \quad \omega = eS^- + eS^+$$

$$s.a. \quad S^- = \theta^* x_0 - X\lambda$$

$$S^+ = Y\lambda - y_0$$

$$\lambda \geq 0, \quad S^- \geq 0, \quad S^+ \geq 0$$

Em que θ^* é o escore de eficiência obtido no estágio anterior e e , um vetor unitário. A principal crítica a esse procedimento é que para as DMUs cuja soma máxima dos *slacks* radiais seja maior que zero, a tendência é que os pontos de referência indicados na fronteira sejam os mais distantes dos pontos que representam as quantidades atuais de insumo e produto de cada DMU, conforme argumentam Coelli et al. (2005, p.198-199) e Cooper, Tone e Seiford (2007, p. 60-61). Esses autores inclusive propõem técnicas em vários estágios para encontrar os pontos da fronteira mais próximos dos pontos que representam as quantidades atuais de cada DMU. No nosso caso, aplicamos a técnica introduzida por Coelli (1998), por meio de seu software DEAP 2.1 (COELLI, 2002) e verificamos que a diferença nos *targets* radiais é irrisória, a menor diferença encontrada em termos absolutos foi de 0,14 em grandezas da ordem das centenas e dos milhares.

A respeito da orientação da DEA, escolhemos a orientação produto, primordialmente pelo fato da educação apresentar retornos altíssimos, conforme comentado na introdução desse trabalho. Há outros argumentos favoráveis a essa escolha, tal como o reproduzido abaixo:

[...] no campo educacional, os modelos de eficiência orientados para minimizar os recursos, **não** são adequados à avaliação de sistemas públicos de educação, uma vez que seria inviável pensar a administração da educação pública orientada para a redução dos recursos nos campos: administrativo e pedagógicos. Mesmo quando há recursos excedentes, em educação não é adequado reduzi-los, mas sim ampliar a prestação de serviços para mais pessoas e com melhor qualidade. (MIRANDA; RODRIGUES, 2008, p. 168)

Contudo, não entendemos esse ponto de maneira tão radical. Concordamos com os autores acima quando argumentam que a finalidade primordial das instituições públicas voltadas para a educação não é minimizar custos. Todavia, não podemos ignorar o fato de que os gastos em educação concorrem com outros de importância equivalente, *e.g.* gastos

em saúde, em um contexto de restrição orçamentária. Dessa forma, quando não houver mais a necessidade de se ampliar o atendimento³⁶, torna-se necessária a redução de custos.

Podemos argumentar também, em consonância com o exposto em (THANASSOULIS, PORTELA, DESPIĆ, 2008, p. 356), que, dada essa inflexibilidade na gestão dos insumos no contexto da educação pública brasileira, a análise insumo orientada aplicar-se-ia em um horizonte de longo prazo, enquanto, a orientada para produto, seria aplicável no curto prazo. Nada impede, portanto, que se aborde o problema em questão desses dois ângulos. Porém, como já esclarecido, optamos nesse trabalho pela orientação a produto.

De posse dos resultados obtidos nessa primeira etapa, que são as projeções dos valores dos insumos e/ou produtos de cada DMU na fronteira, passamos ao segundo estágio.

3.3.2) 2º Estágio - SFA

A metodologia a ser utilizada nesse passo, como já mencionado, consiste na estimação de uma fronteira estocástica no seguinte formato³⁷:

$$S_{ni}^+ = f_n(z_{ni}; \beta_n) + v_{ni} - u_{ni}, \quad n = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, I, \quad u_{ni} \geq 0$$

³⁶ O que é o compatível com o estreitamento da base da pirâmide etária da nossa população, em curso, o que no futuro, implicará menor demanda pelo atendimento educacional nos níveis infantil e fundamental.

³⁷ Esse formato é chamado de fronteira de produção. Quando o termo u_{ni} aparece com sinal positivo, temos a fronteira estocástica no formato custo.

Em que $S_{ni}^+ = Y\lambda - y_{ni}$ é o *slack* total relativo ao produto “n” e à DMU “i”, equivalente ao hiato ou à insuficiência total de cada produto de dada DMU; z_{ni} são as variáveis ambientais; β_i é o vetor de parâmetros a ser estimado por Máxima Verossimilhança e a expressão $v_{ni} - u_{ni}$ corresponde ao erro composto por uma parte estocástica e simétrica e outra parte assimétrica e associada às ineficiências gerenciais, respectivamente.

Em termos distribucionais, as suposições relativas aos citados componentes do erro são: $v_{ni} \sim N(0, \sigma_{vn}^2)$ e $u_{ni} \sim N^+(\mu_n, \sigma_{un}^2)$, ou seja, que seu componente aleatório seja distribuído normalmente, com média zero e variância σ_{vn}^2 , e que o componente ligado às ineficiências gerenciais seja distribuído conforme uma Normal Truncada, com média μ_n e variância σ_{un}^2 .³⁸ Em relação à parcela do erro associada à ineficiência gerencial, várias hipóteses acerca de sua distribuição são possíveis além dessa Normal Truncada, tais como a Seminormal, a Exponencial e a Gama (COELLI et al., 2005, p. 252). Assume-se ainda que cada parte do erro é distribuída independentemente da outra e que o erro composto não está correlacionado às variáveis independentes.

Aplicada a formulação SFA aos *slacks* totais de cada variável de produto e verificada sua adequação estatística aos dados, não só teremos a já aludida tripartição da medida de ineficiência obtida no primeiro estágio, como também as direções e magnitudes dos efeitos atribuídos às variáveis ambientais sobre tal medida.

Ainda no segundo estágio, o passo seguinte consiste no ajuste dos valores originais das variáveis de produto a partir das estimações geradas pela SFA, cuja intenção é eliminar as diferenças das DMUs no que se refere ao ambiente e aos fatores aleatórios, a fim de compará-las apenas no que tange à capacidade gerencial de cada uma. A proposta de Fried et al. (2002) para tanto é penalizar as unidades muito favorecidas pelos fatores ambientais e aleatórios, diminuindo seus produtos no montante equivalente a esses fatores que as favorecem, ou compensar as unidades menos favorecidas na direção oposta. A segunda

³⁸ A variância de cada componente do erro pode ser tanto homocedástica como heterocedástica. A heterocedasticidade está geralmente relacionada ao tamanho das unidades em análise. Para se levar isso em consideração geralmente se incluem variáveis relacionadas ao tamanho das unidades na estimação de cada uma dessas variâncias, da seguinte maneira: $\sigma_{vn}^2 = \exp(w_n\delta)$ e/ ou $\sigma_{un}^2 = \exp(w_n\delta)$, em que w_n são as referidas variáveis de tamanho. Não considerar esse aspecto pode levar à superestimação do intercepto da fronteira e a vieses nos demais coeficientes, conforme nos ensinam Caudill e Ford (1993).

opção foi a escolhida por uma questão de conveniência, já que a segunda poderia gerar valores negativos para algumas unidades, o que não é compatível com o método DEA – BCC, a ser utilizada no passo seguinte. Na linguagem simbólica o referido ajuste é o que se segue:

$$y_{ni}^a = y_{ni} + [z_{ni}\hat{\beta}_n - \min\{z_{ni}\hat{\beta}_n\}] + [\hat{v}_{ni} - \min\{\hat{v}_{ni}\}],$$

$$n = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, I$$

Em que y_{ni} refere-se ao valor original da variável do produto “n” da DMU “i” e o mesmo símbolo, com o sobrescrito “a”, representa o valor do produto em questão ajustado. Os demais símbolos seguem a mesma notação da fronteira apresentada no início dessa seção.

Tone e Tsutsui (2009) argumentaram que a adição ou subtração de uma constante³⁹ aos valores originais dos produtos (operação chamada de translação), ao mudar a amplitude dos dados originais, pode causar grande viés nos escores da DEA, já que os modelos DEA – BCC produto (insumo) orientados não apresentam a propriedade da Invariância à Translação nos valores dos produtos (insumos), como nos explicam Cooper, Seiford e Tone (2007, p. 97). Desse modo, a fim de corrigir esse problema, os autores propõem o seguinte ajuste:

$$y_{ni}^{AA} = \frac{y_{i \max} - y_{i \min}}{y_{i \max}^A - y_{i \min}^A} (y_{ni}^A - y_{i \min}^A) + y_{i \min}$$

Em que: $y_{ni}^A = y_{ni} + z_{ni}\hat{\beta}_n + \hat{v}_{ni}$, $y_{i \max} = \max\{y_{ni}\}$, $y_{i \min} = \min\{y_{ni}\}$, $y_{i \max}^A = \max\{y_{ni}^A\}$ e $y_{i \min}^A = \min\{y_{ni}^A\}$.

A correção acima proposta, por manter a amplitude dos dados originais, não introduz o viés já comentado. Por esse motivo, optamos por essa forma de ajustar os dados.

³⁹ Os valores mínimos presentes no ajuste proposto por Fried et al. (2002), apresentado acima, são as constantes subtraídas de cada produto.

3.3.3) 3º Estágio – DEA - BCC com dados ajustados

Nessa última parte calculamos o mesmo modelo DEA utilizado inicialmente, porém, com os dados ajustados conforme descrito na seção anterior. Por fim, comparamos as medidas de eficiência obtidas no primeiro estágio com aquelas obtidas no terceiro. Isso é feito através da aplicação de métodos adequados à comparação de dados ordenados tais como aqueles de Kendall (1938) e de Spearman (1904). Constatada estatisticamente a diferença entre a medida de eficiência do primeiro e a do terceiro estágio, como ocorreu caso no trabalho de Fried e al. (2002) e de Alves Júnior (2010)⁴⁰ teremos um indicativo de que os fatores ambientais, além daqueles considerados estocásticos, influem significativamente na eficiência das unidades avaliadas.

⁴⁰ Esse autor testou a diferença entre os dois rankings não só pelas estatísticas de Kendall e de Spearman, como também pelo teste t por pares (STATACORP, 2009a, p. 1995-2003) e pelo teste Wilcoxon para dados ordenados (STATACORP, 2009a, p. 1997, p. 1719-1724).

4) Os Dados

4.1) Descrição das Bases

Os dados utilizados para a elaboração da presente dissertação foram extraídos dos Microdados do Censo Escolar 2007 e daqueles relativos à Prova Brasil desse mesmo ano, disponíveis no site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)⁴¹.

O Censo Escolar é realizado anualmente pelo INEP, com a colaboração das Secretarias Municipais e de Estado de Educação. Abrange todas as escolas públicas e privadas do país, tanto urbanas como rurais, que oferecem EB. Em 2007, teve, como data de referência para a coleta de dados, a última quarta-feira do mês de maio, conforme determinação da Portaria do Ministério da Educação (MEC) nº 264, de 26 de março de 2007 (BRASIL, 2007a). A coleta e publicação das informações do referido Censo foram realizadas em quatro diferentes níveis: Escola, Turmas, Docentes e Alunos. Para as escolas há informações sobre a infra-estrutura, equipamentos, níveis e modalidades de ensino ofertados, dependência administrativa, localização, dentre outras. Para as Turmas, informações sobre seus tipos, duração, disciplinas, modalidade e etapa de ensino em que se enquadram, etc. Para os Docentes, há informações sobre nacionalidade, sexo, raça, idade, disciplinas que ministram, modalidade e etapa em que lecionam, função que exercem, dentre outras. Por fim, para os Alunos, há informações sobre nacionalidade, sexo, raça, idade, modalidade e etapa de ensino em que estão matriculados, se possuem algum tipo de deficiência e qual é essa deficiência, se utilizam transporte público escolar, dentre outras

⁴¹“O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação (MEC), cuja missão é promover estudos, pesquisas e avaliações sobre o Sistema Educacional Brasileiro com o objetivo de subsidiar a formulação e a implementação de políticas públicas para a área educacional a partir de parâmetros de qualidade e equidade, bem como produzir informações claras e confiáveis aos gestores, pesquisadores, educadores e público em geral.” (INEP, 2011).

informações. No site do INEP, os Microdados dos Censos Escolares estão disponíveis desde 1995.

É interessante notar que o Censo de 2007 apresentou algumas novidades em relação às edições anteriores, já que a partir dela o aluno passou a ser a unidade básica da coleta de informações e as informações passaram a ser coletadas via internet pelo sistema Educacenso (INEP, 2007a).

Os dados constantes do Censo Escolar são úteis não só para o melhor conhecimento da realidade escolar brasileira, como para a criação de novas políticas públicas e para o aperfeiçoamento e manutenção das já existentes. Exemplo disso é o fato da forma de aplicação dos recursos do FUNDEB, conforme já comentado, assim como da Campanha Nacional do Livro Didático, da Merenda Escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola (PDDE), depender de informações relativas ao número de matrículas apurado pelo Censo Escolar de cada ano (INEP, 2011).

Em 2007, foram coletadas informações de 198.507 escolas em atividade, total que engloba instituições públicas, privadas, urbanas e rurais, conforme já esclarecido. Contudo a presente dissertação se ocupará de um subgrupo das 78.138 escolas públicas e urbanas ativas do país, que são aquelas avaliadas pela Prova Brasil 2007, o que será explicado a seguir.

A Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (ANRESC), também conhecida como Prova Brasil, é parte integrante do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) instituído pela portaria MEC nº 931, de 21 de março de 2005 (BRASIL, 2005). Tal avaliação é realizada nesse formato a cada dois anos, desde 2005, por meio da aplicação de provas de português e matemática aos alunos da 4ª série e da 8ª série e/ou do 5º e do 9º ano do Ensino Fundamental Regular⁴², das escolas que possuam pelo menos vinte alunos matriculados na série avaliada⁴³, conforme determinou a Portaria nº 47, de 03 de maio de

⁴² O Governo Federal estimula a adoção da EF de nove anos por parte das escolas. Aliás, essa é uma meta que consta do Plano Nacional de Educação (PNE), aprovado conforme (BRASIL, 2001).

⁴³ A Portaria em questão, no entanto, não explica com base em que Censo Escolar esse critério deve ser aplicado. O INEP não respondeu a tal questionamento até o momento. Esse foi postado em 30 de dezembro de 2011 pelo canal Fale Conosco, disponível no site da instituição. Fato que tornou a nossa apuração do nível de participação na Prova Brasil, a ser calculado pela razão entre escolas participantes e escolas elegíveis, menos precisa, porém, compatível com a informação dada pelo presidente do INEP à época, acerca do nível

2007 do MEC, (BRASIL, 2007c) e cujos resultados podem ser comparados ao longo dos anos, graças à metodologia de elaboração dessa avaliação, a chamada Teoria de Resposta ao Item (TRI).

Os resultados dos alunos nas avaliações variam de 0 a 350 pontos na prova de Língua Portuguesa e, de 0 a 425 pontos na prova de Matemática, tanto para a 4ª como para a 8ª série. Essa pontuação, por sua vez, é dividida em 10 e 13 níveis, respectivamente, cuja contagem se inicia no nível 0. Nesse, se encontram os alunos que obtiveram menos de 125 pontos nas avaliações. No nível 1, estão os alunos que tiraram de 125 a 150 pontos e assim, sucessivamente. Cada nível corresponde a um conjunto de habilidades e competências que se acredita o aluno possuir quando obtém aquela pontuação (INEP, 2011, 2012a, 2012b).

Na ocasião da aplicação dessas provas os alunos respondem ainda a um questionário que visa à obtenção de suas informações socioeconômicas e culturais. Os professores de português e matemática, além dos diretores, também respondem a questionários com informações relativas à sua formação, remuneração, características da escola, forma de gestão da escola, dentre outras. Há ainda um questionário respondido pelo aplicador da avaliação, desenhado para coletar informações relativas basicamente à infra-estrutura, ao estado de conservação das escolas e à impressão que o avaliador teve da instituição. Espera-se que as escolas e as secretarias municipais e estaduais de educação utilizem não só os resultados das provas, mas todos os dados disponibilizados pela Prova Brasil com intuito de aperfeiçoarem suas práticas (INEP, 2011). A edição 2007 da Prova Brasil foi realizada no período de 05 a 20 de novembro de 2007.

Convém comentar que a decisão de ter suas escolas avaliadas parte voluntariamente das secretarias estaduais e municipais de educação. O incentivo para tanto é que apenas as escolas que participam da avaliação, em consequência de sua adesão ao Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação (BRASIL, 2007b), têm seu IDEB⁴⁴ calculado e a partir

de adesão das secretarias de estado e municipais de educação, conforme será visto adiante. Pela data de publicação das primeiras informações relativas ao Censo de 2007 ter sido dia 14 de novembro de 2007 (INEP, 2011), data muito próxima à realização da Prova Brasil, acreditamos que o critério de elegibilidade para sua realização fora apurado com base ou no Censo da Educação Básica de 2006, ou em informações preliminares do Censo de 2007.

⁴⁴ O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) foi criado pelo INEP em 2007 e representa a iniciativa pioneira de reunir num só indicador dois conceitos igualmente importantes para a qualidade da educação: fluxo escolar e médias de desempenho nas avaliações. Ele agrega ao enfoque pedagógico dos

do monitoramento de tal índice, recebem apoio técnico e financeiro suplementares do MEC. E esse parece ser um bom incentivo, já que em 2007, todas as Secretarias Estaduais e mais de 99% das Secretarias Municipais participaram da Prova Brasil, conforme esclarecem Fernandes, presidente do INEP à época, e Gremaud (2009, p. 11).

Feita a descrição das fontes de dados, vamos à apresentação das variáveis selecionadas para a aplicação da metodologia descrita na seção anterior.

4.2) As variáveis de Insumo e Produto

Essas variáveis são as que serão utilizadas no primeiro estágio para o cômputo dos escores de eficiência iniciais e dos *slacks* totais de cada variável de produto, por meio do DEA-BCC.

Contudo, antes de passarmos à caracterização das variáveis de insumo e produto escolhidas, convém algumas palavras sobre a delimitação do universo de escolas analisado. Como já explicado, a Prova Brasil 2007 foi aplicada a todas as escolas públicas urbanas com turmas de 4ª e/ ou 8ª séries que possuíam pelo menos 20 alunos matriculados e cujas Secretarias Municipais e/ou Estaduais de educação tinham aderido à Prova Brasil. Nesse conjunto há escolas que ofertam apenas 4ª ou 8ª série. A fim de comparar unidades mais homogêneas, decidimos por estudar apenas aquelas que oferecem 4ª e 8ª séries. Dessa decisão, nosso conjunto diminuiu de cerca de 48 mil escolas para pouco mais de 16 mil. A última restrição aplicada ao conjunto, a de estudar as escolas das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, culminou na redução do grupo de escolas a ser estudado para quase 10

resultados das avaliações em larga escala do INEP a possibilidade de resultados sintéticos, facilmente assimiláveis, e que permitem traçar metas de qualidade educacional para os sistemas. O indicador é calculado a partir dos dados sobre aprovação escolar, obtidos no Censo Escolar, e médias de desempenho nas avaliações do INEP, o SAEB – para as unidades da federação e para o país, e a Prova Brasil – para os municípios.” (INEP, 2011)

mil escolas. Finalmente, desse conjunto, terminamos com 8.155 escolas, devido às perdas de observações que ocorreram em função de informações ausentes e incompletas por parte de algumas unidades. Desse grupo final, destacamos que 1.572 escolas ofertam, além da EF, educação infantil; 2.454 ofertam ensino médio e 189, ambos.

As variáveis escolhidas como produtos/ resultados são as notas medianas de matemática da Prova Brasil de cada escola para a 4ª e para a 8ª série e o número total de alunos matriculados⁴⁵ em cada uma delas. Essa escolha teve como critério a disponibilidade dos dados e a compatibilidade com a literatura, que, como já comentado, consensualmente adota notas em testes padronizados e número de matrículas como medidas para os resultados gerados pelo processo produtivo escolar.

Convém comentar que a decisão pela mediana das notas de matemática ao invés da média dessa variável se deu pela tentativa de se captar, em alguma medida, aspectos distribucionais do desempenho escolar dentro de cada escola, aspectos esses ocultados pela média. O que é de extrema importância, já que devemos considerar como boa escola aquela que atenua os efeitos do processo chamado pelos sociólogos de “reprodução social” (RIORDAN, 2004, p. 20), especialmente para os que ocupam a base dessa hierarquia social. Dito de outra maneira, a escola tende a reproduzir as desigualdades existentes na sociedade. Diante desse fato é natural pensarmos que a boa escola, sobretudo a escola pública, deva suprir as deficiências dos alunos mais carentes na tentativa de gerar igualdade de oportunidades para o desenvolvimento futuro desses alunos.

Os estudos empíricos, desde o famoso Relatório Coleman⁴⁶, publicado em 1966, até os mais recentes, corroboram a existência do processo de “reprodução social” pelo fato de seus resultados mostrarem nitidamente o grande impacto do NSE dos estudantes sobre seu

⁴⁵ É interessante comentar que algumas escolas brasileiras apresentam maior número de matrículas que de alunos. Desse modo, para tornar os dados das escolas comparáveis, adotamos a variável número de alunos. Esse fato pode ser reflexo apenas de características administrativas de cada escola e/ou ser um indício de fraude, já que a distribuição de recursos governamentais, tais como de recursos do FUNDEB, é proporcional ao número de matrículas. Em relação às questões administrativas, algumas escolas geram um número diferente de matrícula para o mesmo aluno, para cada turma diferente que ele frequente.

⁴⁶ Esse relatório foi produzido a pedido do governo dos Estados Unidos da América para o entendimento da desigualdade de oportunidades verificada entre os estudantes das escolas públicas americanas por motivo de raça, religião e origem. Esperava-se que os resultados dessa pesquisa apontassem para as diferenças de orçamento e de estrutura das escolas como fatores determinantes para explicar o diferencial de desempenho entre os alunos, porém, os resultados mostraram que grande parte da diferença de desempenho entre os alunos devia-se a seu contexto familiar e socioeconômico. (RIORDAN, 2004, p. 108-116).

rendimento escolar, o que não se verifica com a mesma clareza em relação aos insumos escolares mais tradicionais, tais como características das escolas, dos professores, dos diretores, dentre outras. Glewwe et al (2012, p. 3-4) comentam que a evidência nesse sentido, da fraca ligação entre insumos escolares e resultados, mostra-se mais forte para países desenvolvidos. Adiante, no segundo estágio da metodologia proposta, comentaremos sobre os efeitos tanto do NSE dos alunos como das características das escolas, dos docentes e diretores sobre seus resultados.

Justificado o uso da mediana das notas ao invés da média, cabe explicar o porquê do uso das notas de matemática apenas. Idealmente deveríamos incluir também a mediana das notas de português em nosso cálculo da medida de eficiência das escolas. Porém, por limitações computacionais⁴⁷, nos vimos forçados a escolher entre um dos dois grupos. Antes que justifiquemos a nossa escolha, no entanto, convém comentar que os resultados dos alunos em português e matemática estão relacionados de maneira significativa, como era de se esperar, apresentando os seguintes coeficientes de correlação: 64,06% e 58,61% para os alunos de 4ª e 8ª série, respectivamente. A escolha pela nota de matemática se deu, no entanto, por dois motivos: (1) a disciplina em questão é tipicamente escolar, em contraposição ao aprendizado da linguagem, que se dá nos mais diversos ambientes frequentados pelos jovens (FRANCO et al., 2007, p. 9); e (2) o desempenho dos alunos em matemática foi pior que o verificado em português. Em decorrência dessa última constatação, consideramos que esse resultado merece maior atenção, já que precisa ser melhorado com maior urgência.

Cabe destacar ainda que, em termos absolutos, a média das notas de matemática, tanto nacional como das duas regiões estudadas, é maior que a da prova de português. Todavia, como as escalas dos testes de cada disciplina são diferentes, conforme já comentado na seção 4.1 desse trabalho, ao dividirmos as notas pelo máximo da escala de cada disciplina, enxergamos que o rendimento dos alunos em matemática é pior que o observado em português. Para termos uma ideia, em âmbito nacional os alunos atingem em média 49% e 65% dos pontos da prova de português, resultados esses relativos à 4ª e à 8ª

⁴⁷ O Software DEA-Solver-PRO 8.0 (2012), utilizado para resolver o algoritmo DEA nesse trabalho, apresenta os *targets*, necessários à condução do segundo estágio da metodologia proposta, apenas para os casos em que $(\text{Numero de Insumo} + \text{Número de Produtos} + 2) * (\text{Número de DMUs}) \leq 60.000$.

séries, respectivamente, enquanto na prova de matemática eles acertam em média 45% e 57%. Os números das regiões em estudo são bastante similares.

Acerca do quantitativo de alunos por escola, decidiu-se por utilizar o número total de alunos, ao invés daquele restrito à EF, para que fosse mantida a compatibilidade com o insumo número de funcionários, a ser comentado a seguir, que engloba, além do número de professores, o pessoal administrativo das escolas, que não poderia ser apropriado para cada nível, modalidade e etapa de ensino.

Em relação às variáveis de insumo, aquelas mais diretamente ligadas ao processo produtivo escolar seriam: os professores, os demais funcionários da escola, livros, computadores, material de consumo, estrutura das escolas, dentre outros. Assim, idealmente deveríamos possuir as informações relativas aos gastos em pessoal, custeio e capital de cada escola, ou pelo menos seus equivalentes em quantidades, porém, infelizmente, não dispomos de todas essas informações no nível de cada unidade. Próximo disso, temos apenas o número de funcionários da escola⁴⁸, que compreende não só os ligados às funções docentes como também aqueles ligados às atividades administrativas da escola. Em que pese o fato de ser apenas uma variável, ela representa parte significativa do orçamento de cada escola, conforme as informações de Farenzena (2005) e Verhine (2005)⁴⁹, para o caso do Brasil. No cenário internacional esse padrão também se repete (OECD, 2011, p. 277-278).

Outra variável considerada como insumo, mas por uma questão metodológica, é a Taxa de Distorção Série Idade (TDI) da EF, que é o percentual de alunos do ensino fundamental de cada escola em idade superior em dois anos à considerada adequada para cada série. Essa taxa reflete um resultado inerente à atividade escolar, mas que não é

⁴⁸ No Censo Escolar há variáveis relativas ao número de computadores por escola, porém, a qualidade dessas informações é péssima. Como há muitos valores *missing*, utilizar tais variáveis implicaria na perda de muitas observações. Há o mesmo problema para outras variáveis relacionadas a insumos.

⁴⁹ Esses dois trabalhos são produto de uma pesquisa coordenada pelo INEP em âmbito nacional, iniciada em 2003 e concluída em 2005, que estudou a composição dos custos por aluno a partir de uma amostra intencional, de 95 escolas públicas de EB, localizadas em 8 estados brasileiros. Essa amostra foi selecionada a partir de uma lista de escolas consideradas de qualidade com base em quatro dimensões numericamente caracterizadas por meio do Censo Escolar 2002: Infra-Estrutura, Perfil Docente, Perfil Aluno e Perfil Oferta (FARENZENA, 2005, p. 14-15). É bem verdade que seria ideal a obtenção de dados por meio de uma amostra aleatória, porém com base nos dados levantados, apurou-se que 59% do custo das escolas corresponde ao pagamento de professores e 84 % corresponde ao pagamento de pessoal total nas escolas, considerados aí os docentes. (VERHINE, 2005)

desejado, podendo ser comparado à emissão de poluentes em um processo industrial, por exemplo. Uma das maneiras de se lidar com esse problema de produtos indesejáveis é tratar tais variáveis como insumos, conforme sugestão de Thanassoulis, Portela e Despić (2008, p. 301). Esse tipo de tratamento está de acordo com a lógica de que devemos tratar como insumos as variáveis que desejamos minimizar e, como produtos as, que desejamos maximizar. Apresentadas as variáveis de produto e insumos escolhidas, seguem abaixo suas estatísticas descritivas:

Tabela 01 - Estatísticas descritivas das variáveis de produto/resultado e insumo

Produtos/Resultados					
Variáveis	Nº de obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Nota mediana de matemática - 4ª Série	8.155	183,70	20,81	120,36	289,24
Nota mediana de matemática - 8ª Série	8.155	234,10	20,84	170,83	357,37
Número de alunos	8.155	873	479	70	4.092
Insumos					
Variáveis	Nº de obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Número de funcionários da escola	8.155	64	31	12	345
Taxa de Distorção Série-Idade (TDI) do Ensino Fundamental (%)	8.155	31,78	16,69	0,50	94,20

Fonte: As medianas das notas são cálculos próprios com base nos dados da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007b), o número de alunos e de funcionários foram extraídos do Censo Escolar (INEP, 2007a) e a TDI, do site do INEP (INEP, 2011).

Apresentadas as variáveis de insumo e produto a serem utilizadas no primeiro estágio da metodologia proposta, o restante dessa seção será dedicado a algumas questões de ordem técnica.

Sobre os zeros na base⁵⁰, não foram identificadas variáveis que assumam esse valor.

A respeito dos dados extremos, tomamos duas providências. A primeira delas foi inspecionar a base das variáveis de insumo e produto em busca de alguma inconsistência. As variáveis relativas às notas e à TDI se encontravam dentro da amplitude esperada, não havendo outra crítica que se pudesse fazer a seu respeito. Sobre as duas variáveis restantes, avaliamos a razão entre alunos e funcionários, observando se essa se encontrava dentro de limites factíveis. Nesse passo detectamos uma escola com mais funcionários que alunos,

⁵⁰ Cumpre esclarecer que valores iguais a zero equivalem a variáveis que assumem tais valores de fato e não às variáveis com valores *missing*.

cuja referida razão foi de cerca de 0,18, 756 alunos para 4.146 funcionários. Apesar de termos testado e constatado o fato de que todos os resultados a serem apresentados nesse trabalho pouco mudaram mediante a retirada dessa observação, resolvemos eliminá-la simplesmente pelo fato de não parecer razoável.

A segunda providência foi a utilização do já comentado método *jackstrap* (SAMPAIO DE SOUSA; CRIBARI-NETO; ŠTOSIĆ, 2005) e (SAMPAIO DE SOUSA; ŠTOSIĆ, 2005), operacionalizado pelo programa de mesmo nome desenvolvido por Štosić (2011). Esse método, por meio de uma medida de alavancagem (*leverage*), nos permite identificar as observações mais influentes, aquelas que, em geral, possuem níveis de insumos muito baixos e/ou níveis de produto muito altos e por isso se constituem pontos da fronteira. O que não representa um problema quando esses valores extremos de insumos e produtos existem de fato. Caso esses valores ocorram por erro na base, as observações que contenham esses erros devem ser eliminadas. Aplicamos o referido método em nossa base⁵¹ e verificamos que as observações com maiores alavancagens correspondiam às escolas com valores de insumos e produtos realistas, que são, portanto, realmente eficientes. Diante disso, não foi necessária a eliminação de nenhuma outra observação.

Convém ainda comentar sobre a correlação entre insumos e produtos, que é verificada em alguns trabalhos previamente à aplicação da DEA, tais como em (BESSENT, A.; BESSENT, W., 1979), (BESSENT et al., 1982) e (BARBOSA; WILHELM, 2009). Salientamos que essa verificação não é consenso na literatura, mas faz sentido, uma vez que acréscimos de insumo devem gerar acréscimos de produto em alguma medida, analogamente para os decréscimos. Dessa maneira, os autores que aplicam esse tipo de teste argumentam que é desejável que as variáveis de insumo e produto sejam positiva e fortemente correlacionadas. Comportamento contrário é esperado dos produtos não desejados, tratados como insumos. Uma maneira de se verificar essa questão é por meio da construção de matrizes de correlação, conforme abaixo:

⁵¹ Aplicamos o citado método considerando inclusive a observação relativa à escola com mais funcionários que alunos, sobre a qual falamos no parágrafo anterior. Essa escola apresentou baixo índice de alavancagem, confirmando o fato de que sua retirada da amostra não gerou mudanças substanciais nos resultados.

Tabela 02 - Matriz de correlação entre insumos e produtos

Produtos/Insumos	Número de Funcionários da Escola	TDI do Ensino Fundamental (%)
Nota mediana de matemática - 4ª Série	0,15	-0,41
Nota mediana de matemática - 8ª Série	0,11	-0,44
Número de alunos	0,81	-0,03

Observações: Cálculos próprios realizados por meio do software STATA SE/11.2 (STATACORP, 2009b). Todos os coeficientes de correlação são estatisticamente significantes a, no máximo, 1%.

A tabela acima apesar de nos informar a direção, a intensidade e a significância da associação linear entre as variáveis, não nos diz muito acerca da relação entre o grupo de insumos e o aquele dos produtos. Esse tipo de análise é possível por meio do cálculo da correlação canônica, como fizeram Barbosa e Wilhelm (2009).

É possível obter tal tipo de correlação considerando cada grupo de variáveis como uma combinação linear de suas variáveis componentes. Mas não se trata de qualquer combinação linear, o método em questão permite o cálculo dos coeficientes que formam cada uma dessas combinações lineares que tornam máxima a correlação entre os dois grupos. Cada uma dessas combinações lineares ótimas é chamada de variável canônica. Convém destacar que mais de um valor de correlação canônica é apresentado. Um para cada par independente de variáveis canônicas, em ordem decrescente em termos de valor. A quantidade máxima de pares independentes (ortogonais) gerados está limitada ao menor número de variáveis observadas em cada grupo (STATACORP, 2009a, p. 67-83). Procedemos a esses cálculos⁵² e obtivemos os coeficientes de correlação 0,82 e 0,46, relativos ao primeiro e ao segundo par canônico, respectivamente.

⁵² Esses cálculos foram feitos por meio do comando *Canon* do software Stata SE/11.2 (STATACORP, 2009b). E os testes estatísticos apresentados com esses resultados atestaram sua significância.

4.3) Variáveis Ambientais

As variáveis ambientais são aquelas ligadas aos fatores sobre os quais as escolas possuem pouco ou nenhum controle, tais como: composição étnica e NSE de seus alunos, composição étnica e qualificação de seus docentes, tamanho das escolas, esfera administrativa a que pertencem (estadual, municipal ou federal), características dos seus diretores e dos municípios em que se encontram, dentre outras. Essas serão as variáveis independentes que serão utilizadas nas fronteiras estocásticas, cujas variáveis dependentes serão os *slacks* totais de cada uma das três variáveis de produto.

Abaixo apresentaremos as estatísticas descritivas dessas variáveis, separadas por tipo de variável (discretas ou contínuas) e já indicando em quais fronteiras serão utilizadas.

Tabela 03 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos *slacks* das notas da 4ª série

Variável	Descrição	Nº de Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
p4_participacao	Proporção dos alunos da 4ª série que participaram da Prova Brasil	8.155	0,84	0,14	0,10	1,00
p4_pais_sep	Proporção do alunos da 4ª série cujos pais não vivem juntos	8.155	0,39	0,13	0,00	1,00
p4_reuniao_sempre	Proporção dos alunos da 4ª série cujos pais vão às reuniões sempre	8.155	0,62	0,13	0,00	1,00
p4_reuniao_alguna	Proporção dos alunos da 4ª série cujos pais vão às reuniões algumas vezes	8.155	0,30	0,11	0,00	1,00
p4_estante_livros	Proporção dos alunos da 4ª série que possuem o equivalente a uma estante de livros em casa (21 a 100 livros)	8.155	0,17	0,08	0,00	1,00
p4_trab_dom_ate_2h	Proporção dos alunos da 4ª série que realizam até 2h de trabalhos domésticos	8.155	0,80	0,08	0,00	1,00
p4_trab_fora	Proporção dos alunos da 4ª série que trabalham fora	8.155	0,16	0,09	0,00	0,91
p4_correcao_sempre	Proporção dos alunos da 4ª série que declararam que os professores sempre corrigem os deveres de matemática	8.155	0,81	0,12	0,00	1,00
p4_correcao_alguna	Proporção dos alunos da 4ª série que declararam que os professores corrigem os deveres de matemática de vez em quando	8.155	0,17	0,11	0,00	1,00
n_salas	Número de salas existentes em cada escola	8.155	13	6	2	134
tam_medio_turmas_4	Tamanho médio das turmas de 4ª série	8.155	29	7	2	54
p_abandono_1_4_serries	Proporção dos alunos de 1ª à 4ª série que abandonam a escola	8.155	0,04	0,05	0,00	0,64
p4_a	Proporção dos alunos da 4ª série pertencentes à classe A	8.155	0,01	0,03	0,00	1,00
p4_b	Proporção dos alunos da 4ª série pertencentes à classe B	8.155	0,21	0,17	0,00	1,00
p4_cd	Proporção dos alunos da 4ª série pertencentes à classe C e D	8.155	0,74	0,17	0,00	1,00
p1_4_alun_fem	Proporção dos alunos do sexo feminino nas turmas de 1ª à 4ª série	8.155	0,47	0,04	0,06	0,68
p1_4_alun_branco	Proporção dos alunos da 1ª à 4ª série que se declararam brancos	8.155	0,15	0,20	0,00	0,95
p1_4_alun_pretos	Proporção dos alunos da 1ª à 4ª série que se declararam pretos	8.155	0,02	0,04	0,00	0,56
p1_4_alun_pardos	Proporção dos alunos da 1ª à 4ª série que se declararam pardos	8.155	0,20	0,19	0,00	0,99
p1_4_doc_14_fem	Proporção dos docentes de 1ª à 4ª série do sexo feminino	8.155	0,93	0,10	0,00	1,00
p1_4_doc_branco	Proporção dos docentes da 1ª à 4ª série que se declaram brancos	8.155	0,26	0,32	0,00	1,00
p1_4_doc_pretos	Proporção dos docentes da 1ª à 4ª série que se declaram pretos	8.155	0,02	0,06	0,00	1,00
p1_4_doc_pardos	Proporção dos docentes da 1ª à 4ª série que se declaram pardos	8.155	0,15	0,20	0,00	1,00
p1_4_doc_nivel_sup	Proporção de docentes que possuem nível de educação superior nas turmas de 1ª à 4ª série	8.155	0,65	0,29	0,00	1,00

Fonte: Cálculos próprios com base nos dados disponíveis no site do INEP (INEP, 2011) e nos microdados do Censo Escolar e da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007a, 2007b). Todas as proporções foram calculadas para cada escola da amostra, tomando como base apenas as respostas válidas.

Tabela 04 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos *slacks* das notas da 8ª série

Variável	Descrição	Nº de Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
p8_participacao	Proporção dos alunos da 8ª série que participaram da Prova Brasil	8.155	0,77	0,15	0,08	1,00
p8_pais_sep	Proporção dos alunos da 8ª série cujos pais não vivem juntos	8.155	0,38	0,13	0,00	1,00
p8_reuniao_sempre	Proporção dos alunos da 8ª série cujos pais vão às reuniões sempre	8.155	0,59	0,15	0,00	1,00
p8_reuniao_alguna	Proporção dos alunos da 8ª série cujos pais vão às reuniões algumas vezes	8.155	0,33	0,12	0,00	0,90
p8_estante_livros	Proporção dos alunos da 8ª série que possuem o equivalente a uma estante de livros em casa (21 a 100 livros)	8.155	0,19	0,09	0,00	0,69
p8_trab_dom_ate_2h	Proporção dos alunos da 8ª série que realizam até 2h de trabalhos domésticos	8.155	0,77	0,10	0,14	1,00
p8_trab_fora	Proporção dos alunos da 8ª série que trabalham fora	8.155	0,22	0,13	0,00	0,94
p8_correcao_sempre	Proporção dos alunos da 8ª série que declararam que os professores sempre corrigem os deveres de matemática	8.155	0,85	0,12	0,17	1,00
p8_correcao_alguna	Proporção dos alunos da 8ª série que declararam que os professores corrigem os deveres de matemática de vez em quando	8.155	0,12	0,10	0,00	0,83
n_salas	Número de salas existentes em cada escola	8.155	13	6	2	134
tam_medio_turmas_8	Tamanho médio das turmas de 8ª série	8.155	30	8	2	54
p_abandono_5_8_séries	Proporção dos alunos de 5ª à 8ª série que abandonam a escola	8.155	0,08	0,09	0,00	0,70
p8_a	Proporção dos alunos da 8ª série pertencentes à classe A	8.155	0,01	0,02	0,00	0,50
p8_b	Proporção dos alunos da 8ª série pertencentes à classe B	8.155	0,16	0,14	0,00	0,84
p8_cd	Proporção dos alunos da 8ª série pertencentes à classe C e D	8.155	0,79	0,14	0,00	1,00
p5_8_alun_fem	Proporção dos alunos do sexo feminino nas turmas de 5ª à 8ª série	8.155	0,51	0,04	0,15	0,76
p5_8_alun_branco	Proporção dos alunos da 5ª à 8ª série que se declararam brancos	8.155	0,13	0,19	0,00	0,96
p5_8_alun_preto	Proporção dos alunos da 5ª à 8ª série que se declararam pretos	8.155	0,02	0,04	0,00	0,57
p5_8_alun_pardo	Proporção dos alunos da 5ª à 8ª série que se declararam pardos	8.155	0,17	0,19	0,00	0,99
p5_8_doc_fem	Proporção dos docentes de 5ª à 8ª série do sexo feminino	8.155	0,74	0,15	0,00	1,00
p5_8_doc_branco	Proporção dos docentes da 5ª à 8ª série que se declaram brancos	8.155	0,29	0,31	0,00	1,00
p5_8_doc_preto	Proporção dos docentes da 5ª à 8ª série que se declaram pretos	8.155	0,02	0,05	0,00	1,00
p5_8_doc_pardo	Proporção dos docentes da 5ª à 8ª série que se declaram pardos	8.155	0,16	0,18	0,00	1,00
p5_8_doc_nivel_sup	Proporção de docentes que possuem nível de educação superior nas turmas de 5ª à 8ª série	8.155	0,87	0,20	0,00	1,00

Fonte: Cálculos próprios com base nos dados disponíveis no site do INEP (INEP, 2011) e nos microdados do Censo Escolar e da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007a, 2007b). Todas as proporções foram calculadas para cada escola da amostra, tomando como base apenas as respostas válidas.

Tabela 05 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais contínuas utilizadas na fronteira relativa aos *slacks* do número de alunos

Variável	Descrição	Nº de Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
p60_mais	Proporção da população de cada município com idade superior a 60 anos	8.155	0,11	0,02	0,03	0,25
n_salas	Número de salas existentes na escola	8.155	13	6	2	134
p_abandono_fund	Proporção dos alunos de cada escola que abandonaram o ensino fundamental	8.155	0,06	0,07	0,00	0,47
n_turmas	Número de turmas em cada escolas	8.155	29	13	7	136

Fonte: Cálculos próprios com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011b), para a primeira variável; do Censo Escolar 2007 (INEP, 2007a), para a segunda e a quarta; e disponíveis no site do INEP (INEP, 2011), para a terceira.

Tabela 06 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais discretas utilizadas exclusivamente na fronteira relativa aos *slacks* do número de alunos

Variáveis	Descrição	Distribuição das observações de acordo com os valores assumidos pelas variáveis		
		Total	0	1
d_0_20mil	<i>Dummy</i> = 1 se a escola está em um município com até 20 mil habitantes	8.155	6.276	1.879
d_rm	<i>Dummy</i> = 1 se a escola está em um município integrantes de alguma região metropolitana	8.155	5.073	3.082
d_depredação	<i>Dummy</i> = 1 se a escola apresenta sinais de depredação (vidros, portas e janelas quebrados, lâmpadas estouradas etc.)	8.155	5.432	2.723
d_med_segurança	<i>Dummy</i> = 1 se a escola adota medidas de segurança para proteger os alunos nas suas imediações	8.155	5.411	2.744

Fonte: Cálculos próprios com base nos dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011b), para a primeira variável; do site do IBGE (IBGE, 2011a), para a segunda, e nos microdados da Prova Brasil 2007 (INEP;2007b), para as duas últimas.

Tabela 07 - Estatísticas descritivas das variáveis ambientais discretas utilizadas em todas as fronteiras

Variáveis	Descrição	Distribuição das observações de acordo com os valores assumidos pelas variáveis			
		Total	0	1	2
d_fed	<i>Dummy</i> =1 se a escola é Federal	8.155	8.150	5	NA
d_est	<i>Dummy</i> =1 se a escola é Estadual	8.155	4.603	3.552	NA
d_dir_ded_exc	<i>Dummy</i> =1 se o Diretor se dedica exclusivamente àquela escola	8.155	2.722	5.433	NA
d_dir_eleito	<i>Dummy</i> =1 se o Diretor é eleito apenas	8.155	6.753	1.402	NA
d_dir_sel_eleito	<i>Dummy</i> =1 se o Diretor é selecionado e eleito	8.155	6.427	1.728	NA
info	Variável discreta =2 se a escola possui Laboratório de informática e outros computadores; =1 se possui um deles e =0 se não possui nenhum desses.	8.155	755	3.258	4.142
d_infra_otima	<i>Dummy</i> =1 se a escola foi considerada ótima em termos de infra-estrutura e condições de funcionamento por parte do pesquisador do INEP que visitou a escola	8.155	7.035	1.120	NA

Fonte: Cálculos próprios com base nos microdados do Censo Escolar 2007 (INEP, 2007a) para as duas primeiras variáveis, e para a penúltima, e, da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007b), para as demais. NA= Não se aplica.

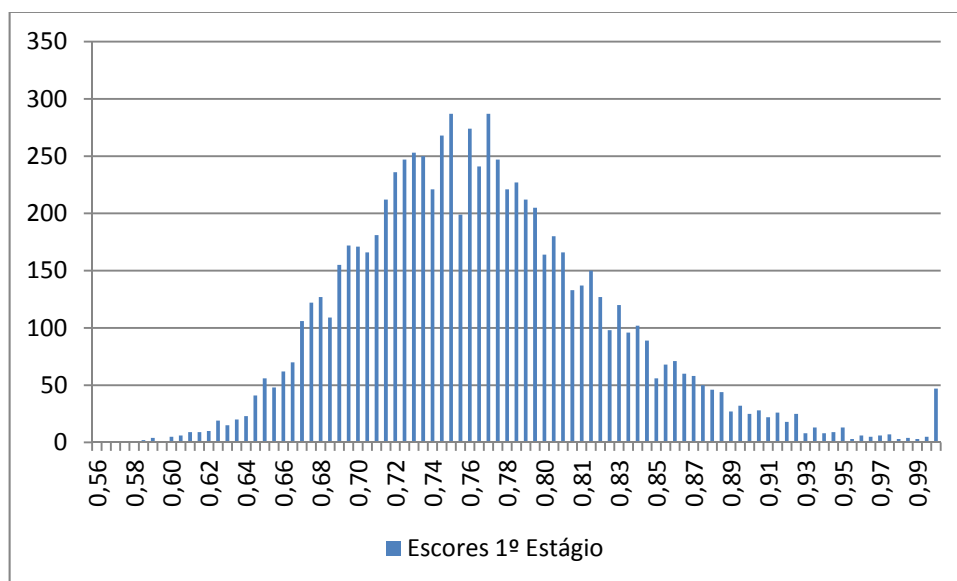
Comentaremos sobre cada uma dessas variáveis na seção dedicada aos resultados

5) Resultados

5.1) Resultados do 1º Estágio

O primeiro estágio, como já explicado, gera dois resultados do nosso interesse: os escores de eficiência e os *slacks* totais, os quais serão as variáveis dependentes do segundo estágio. Relembrando a seção de metodologia desse trabalho, os referidos escores variam entre 0 a 1 e possuem a seguinte interpretação: quanto mais próximos de um, indicam as escolas mais eficientes, analogamente para o extremo oposto. Como já destacado, escolheu-se apresentar os resultados por meio desses escores pelo seu apelo intuitivo. Porém, não esqueçamos que esses escores são equivalentes ao recíproco da medida de eficiência de Farrell, essa sim passível de ser interpretada em termos de sua magnitude.

Abaixo apresentamos o histograma dos escores obtidos nesse estágio inicial:

Gráfico 04 - Histograma relativo aos escores gerados no 1º Estágio

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

As estatísticas descritivas desses escores são as seguintes:

Tabela 08 - Estatísticas descritivas dos escores do 1º estágio

Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
0,76	0,07	0,56	1,00

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

A medida de Farrell equivalente ao escore médio apresentado acima é 1,32, indicando que, em média, as escolas devem aumentar seus resultados, mantidas as proporções entre eles, em 32% para se tornarem plenamente eficientes em termos técnicos. A ineficiência máxima, equivalente ao escore mínimo acima tabulado, é de 78% ($1 \div 0,56 = 1,78$). É claro que a interpretação da medida de Farrell soa bastante irrealista no que diz respeito à manutenção das proporções entre os resultados, porém, resolvemos comentá-la porque essa medida transmite uma noção de magnitude, que não nos é passada pela leitura dos escores.

Maiores detalhes sobre a distribuição regional e por unidade federativa (UF) dos escores apresentados serão mostrados na terceira seção dessa parte do trabalho destinada aos resultados, em que será possível a comparação entre os escores iniciais e os gerados após o ajuste das variáveis de produto de acordo com (TONE; TSUITSUI, 2009).

Sobre o segundo resultado produzido nesse primeiro estágio, os *slacks* totais, seguem abaixo suas estatísticas descritivas:

Tabela 09 - Estatísticas descritivas relativas aos *slacks* das variáveis de produto

Variáveis	Nº de obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<i>Slack</i> nota mediana matemática 4ª série	8.155	58,94	17,02	0,00	113,63
<i>Slack</i> nota mediana matemática 8ª série	8.155	74,47	21,97	0,00	136,52
<i>Slack</i> número de alunos	8.155	282	145	0	1.143

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

O conceito de *slack* total, como apresentado na seção desse trabalho relativa à metodologia, refere-se à diferença entre os *targets* calculados pelo algoritmo DEA para as variáveis de produto e seus valores originais

5.2) Resultados do 2º Estágio

Nessa seção serão apresentadas e comentadas as estimações dos parâmetros das três fronteiras estocásticas, além das variáveis de produto ajustadas, que serão utilizadas no último estágio da metodologia em tela.

Como as variáveis dependentes de cada uma das fronteiras são insuficiências relativas a cada um dos resultados esperados das escolas, devem ser lidas como ineficiências. Por essa razão, os coeficientes das variáveis independentes que apresentam sinal negativo mostram que a variável independente em questão tem efeito redutor sobre a ineficiência, analogamente para o caso contrário. De acordo com as estatísticas descritivas das variáveis ambientais apresentadas na seção 4.3 desse trabalho, essas variáveis se dividem basicamente em três grupos: proporções que variam de 0 a 1; variáveis *dummies* e as variáveis que expressam alguma quantidade (número de salas, número de turmas, etc.). A única que foge a esse padrão é a variável *info*, que assume valores 0, 1 ou 2, indicando se

a escola possui laboratório de informática e/ou outros computadores, ou nada disso. As variáveis de proporção têm seus rótulos iniciados pela letra “p”, seguidas de um ou dois números ou de uma expressão que indicam a que a etapa ou a que modalidade de ensino se referem, *e.g.*, 4ª série, 1ª a 4ª série, ensino fundamental, seguida por uma palavra que se presta a descrever resumidamente a variável. As *dummies* têm os rótulos iniciados pela letra “d”. As demais variáveis foram rotuladas com palavras que buscam descrevê-las de forma sucinta.

Feitos esses comentários, abaixo seguem os parâmetros relativos à fronteira cuja variável dependente é o *slack* total referente à nota mediana de matemática da 4ª série de cada escola:

Tabela 10 - Fronteira relativa aos *slacks* das notas medianas de matemática da 4ª série

Variáveis	Coefficientes	Valores Coefficientes	Erro Padrão	Razão t	p-valor	Intervalo de Confiança 95%	
constante	β_0	111,83	7,20	15,54	0,00	97,73	126,00
p4_participacao	β_1	-4,50	1,35	-3,32	0,00	-7,15	-1,82
p4_pais_sep	β_2	8,75	1,26	6,94	0,00	6,28	11,24
p4_reuniao_sempre	β_3	-13,00	2,78	-4,68	0,00	-18,44	-7,54
p4_reuniao_alguna	β_4	-8,73	3,14	-2,78	0,01	-14,88	-2,62
p4_estante_livros	β_5	-9,97	2,15	-4,64	0,00	-14,19	-5,81
p4_trab_dom_ate_2h	β_6	-18,19	2,01	-9,07	0,00	-22,12	-14,40
p4_trab_fora	β_7	8,14	2,07	3,93	0,00	4,08	12,11
p4_correcao_sempre	β_8	-21,37	3,94	-5,42	0,00	-29,10	-13,63
p4_correcao_alguna	β_9	-14,23	4,43	-3,22	0,00	-22,91	-5,55
n_salas	β_{10}	0,61	0,11	5,59	0,00	0,40	0,83
(n_salas) ²	β_{11}	-0,03	0,00	-7,68	0,00	-0,04	-0,02
(n_salas) ³	β_{12}	0,00	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00
tam_medio_turmas_4	β_{13}	1,71	0,48	3,57	0,00	0,77	2,66
(tam_medio_turmas_4) ²	β_{14}	-0,06	0,02	-3,59	0,00	-0,09	-0,03
(tam_medio_turmas_4) ³	β_{15}	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00
p_abandono_1_4_séries	β_{16}	19,48	3,68	5,29	0,00	12,26	26,57
p4_a	β_{17}	-29,81	5,38	-5,54	0,00	-40,36	-19,37
p4_b	β_{18}	-9,70	2,35	-4,13	0,00	-14,30	-5,12
p4_cd	β_{19}	-0,73	2,26	-0,32	0,75	-5,16	3,64
p1_4_alun_fem	β_{20}	-6,60	3,71	-1,78	0,08	-13,86	0,52
p1_4_alun_branços	β_{21}	-15,45	1,27	-12,21	0,00	-17,93	-13,01
p1_4alun_pretos	β_{22}	5,80	4,63	1,25	0,21	-3,27	14,78
p1_4_alun_pardos	β_{23}	6,99	1,11	6,28	0,00	4,81	9,21
p1_4_doc_fem	β_{24}	-3,45	1,64	-2,11	0,04	-6,66	-0,20
p1_4_doc_branços	β_{25}	-1,98	0,71	-2,80	0,01	-3,36	-0,60
p1_4_doc_pretos	β_{26}	4,83	2,60	1,86	0,06	-0,26	9,91
p1_4_doc_pardos	β_{27}	-1,57	0,88	-1,79	0,07	-3,29	0,13
p1_4_doc_nivel_sup	β_{28}	-3,37	0,59	-5,72	0,00	-4,52	-2,19
d_fed	β_{29}	-10,71	7,09	-1,51	0,13	-24,59	3,18
d_est	β_{30}	-1,59	0,37	-4,32	0,00	-2,31	-0,87
d_dir_ded_exc	β_{31}	-1,19	0,34	-3,51	0,00	-1,86	-0,52
d_dir_eleito	β_{32}	0,72	0,45	1,60	0,11	-0,16	1,59
d_dir_sel_eleito	β_{33}	-5,05	0,46	-11,06	0,00	-5,94	-4,17
info	β_{34}	0,41	0,27	1,50	0,13	-0,13	0,94
d_infra_otima	β_{35}	-3,39	0,47	-7,23	0,00	-4,31	-2,48
Outros Parâmetros da Fronteira							
$\ln(\sigma_v^2)$		4,98	0,03	159,09	0,00	4,92	5,04
$\ln(\sigma_u^2)$		4,20	0,08	52,67	0,00	4,04	4,35
σ_v		12,08	0,19			11,71	12,45
σ_u		8,15	0,32			7,54	8,81
$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$		212,28	3,76			204,90	219,65
$\lambda = \sigma_u / \sigma_v$		0,67	0,48			-0,26	1,61

Demais Informações

Foram necessárias duas iterações para a convergência da fronteira.

O termo u , que designa a ineficiência, tem distribuição exponencial.

Fonte: As estimativas acima foram realizadas no software STATA SE/11.2 (STATA CORP, 2009b) por meio do comando Frontier.

Agora passemos aos comentários acerca dos coeficientes. A primeira variável, proporção de alunos da 4ª série que participaram da Prova Brasil (p4_participacao) foi incluída com o propósito de verificar se há indícios de algum comportamento estratégico por parte das escolas para melhorar seu desempenho na referida avaliação, tal como incentivar apenas os bons alunos a participar. Uma ou outra escola podem até ter adotado esse tipo de estratégia, mas no agregado, esse comportamento não parece ter sido predominante, já que o coeficiente em questão, apesar de sua pequena monta, mostrou-se estatisticamente significativo e apresentou sinal negativo, sugerindo que quanto maior a participação menor a ineficiência. Se todos os alunos de dada escola participaram da Prova Brasil, a variável em questão atinge valor igual a 1 e isso representa uma diminuição na ineficiência em 4,50 pontos. Dizemos pontos porque o *slack* da nota de matemática da 4ª série está expresso nessa unidade.

Os coeficientes β_2 a β_7 , β_{17} a β_{19} e β_{21} a β_{23} , referentes às variáveis que descrevem o contexto socioeconômico dos alunos, são estatisticamente significativas, se não individualmente, pelo menos em conjunto, como veremos adiante, e apresentaram os sinais esperados.

Na escolha dessas variáveis buscamos contemplar, além do que naturalmente entendemos como elementos definidores do NSE (*e.g.*, variáveis *proxies* para renda e escolaridade dos pais), o conceito de capital social, destacado por Riordan (2004, p. 70), que trata da relação dos adultos de uma família, sobretudo dos pais, com suas crianças. Tal conceito possui duas principais dimensões, uma estrutural e outra funcional. A primeira diz respeito à presença física dos membros da família e a segunda diz respeito à intensidade do relacionamento entre pais e filhos. O ponto aqui é entender que não basta a existência de renda e de capital humano nas famílias, se não há presença e envolvimento dos pais nas atividades escolares de seus filhos.

O coeficiente β_2 nos indica que quanto maior a proporção de alunos na 4ª série cujos pais não vivem juntos (p4_pais_sep), variável que busca captar um aspecto estrutural das famílias, maior é a ineficiência da escola. Os coeficientes relacionados às variáveis ligadas: à frequência com que os pais vão às reuniões escolares (p4_reunião_sempre e p4_reunião_alguma), ao fato dos alunos da 4ª série realizarem até duas horas de trabalhos domésticos (p4_trab_dom_ate_2h) e ao fato de trabalharem fora (p4_trab_fora); buscaram capturar o comentado envolvimento dos pais com os filhos.

Conforme podemos perceber, quanto maior a proporção de pais que participam das reuniões escolares, menor a ineficiência da escola, com um efeito mais forte quando os pais vão sempre às reuniões. Da mesma forma ocorre quanto maior a proporção de alunos da 4ª série que realizam até duas horas de trabalho doméstico. Não sabemos exatamente como os alunos interpretaram a pergunta sobre esse ponto, mas se o coeficiente estimado estiver correto é natural pensar que crianças que realizam alguns trabalhos domésticos estão bem integradas às suas famílias, pois são encorajadas por seus pais a participar da rotina de suas casas, além de estarem exercitando a disciplina, característica fundamental para o sucesso nos estudos. Já a proporção de alunos da 4ª série que declararam trabalhar fora, pode indicar não só a pobreza material da família a que esses alunos pertencem, como o descaso dos pais em relação ao cotidiano de seus filhos ou até mesmo, uma situação de exploração dos filhos pelos pais. Como esperado, tal variável aumenta a ineficiência da escola quanto maior a proporção observada.

O coeficiente da proporção de alunos que dizem possuir o equivalente a uma estante de livros em casa (p4_estante_livros), que pode ser considerada uma medida de capital humano, também mostrou efeito redutor sobre a ineficiência. Delgado e Machado (2007) encontraram a mesma relação dessa variável dos livros em relação à medida de eficiência calculada em seu artigo.

As variáveis relativas à proporção de alunos que pertencem a cada classe social foram construídas com base no Critério de Classificação Econômica Brasil da Associação Brasileira de Empresas (ABEP, 2009), que atribui uma pontuação para cada tipo e quantidade de bens que uma família possui (geladeira, carro, televisor, etc.) e também para o grau de escolaridade de seu chefe. Dessa maneira, cada classe social é definida por uma faixa de pontuação. Como dispúnhamos dessas informações por aluno, por meio do questionário que eles preenchem por ocasião da Prova Brasil, enquadrámos cada um deles em uma classe e depois agregamos essas informações por escola. Sobre a escolaridade do chefe de família, optamos por utilizar o grau de escolaridade da mãe, pelo fato de haver um volume maior de respostas nesse item em comparação com a mesma resposta dada em relação ao pai. O referido critério da ABEP define 8 classes diferentes: A1, A2, B1, B2, C1, C2, D e E. Contudo, para facilitar a exposição, agregamos as duas primeiras classes sob o rótulo de A, as duas seguintes, da mesma maneira, delimitando a classe B e as três, seguintes sob a denominação CD. Os resultados dessas variáveis se mostraram como o

esperado, quanto maior a proporção de alunos em classes mais altas, menor a ineficiência da escola. É interessante notar a grande magnitude do coeficiente relativo ao pertencimento à classe mais alta e a queda de seu valor à medida que passamos às classes mais baixas.

Sobre as características raciais dos alunos, como são autodeclaradas, podem refletir uma série de características, tais como nível socioeconômico e até mesmo autoestima dos alunos, por isso são de difícil interpretação. Nas escolas cuja proporção de alunos que se autodeclararam brancos é maior, a ineficiência se mostrou menor.

Menezes-Filho e Ribeiro (2009), ao tratarem dos determinantes da melhoria do desempenho escolar, analisando a relação de muitas variáveis, inclusive aquelas referentes às características socioeconômicas dos alunos, sobre os respectivos desempenhos nas avaliações de matemática da Prova Brasil 2005⁵³ e do Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) de 2007, comentam da dificuldade de se lidar com a variável raça, porém, argumentam sobre a importância de levá-la em consideração. Apesar desses autores terem obtido resultados ligeiramente diferentes dos nossos, já que encontraram que os alunos que se autodeclararam brancos e pardos apresentam rendimento similar e superior aos que se declaram negros, destacam que:

Muito provavelmente, os alunos que se declaram negros já têm algum problema de autoestima e de expectativas em relação ao futuro, que os diferencia dos alunos que se declaram pardos. Além disso, pode haver algum tipo de discriminação já nessa faixa etária. (MENEZES-FILHO; RIBEIRO, 2009, p. 182).

Convém notar que a variável comentada no parágrafo anterior, assim como aquelas relativas ao gênero dos alunos e professores, às características desses e à taxa de abandono são proporções referentes não só aos alunos da 4ª série, como também àqueles de 1ª a 4ª. Acreditamos que a utilização dessa agregação reflete melhor o contexto da escola. Não foi possível agregar todas as variáveis dessa forma tendo em vista as limitações na disponibilidade dos dados.

Acerca do gênero dos alunos, esperava-se resultado contrário ao verificado, já que quando se relaciona desempenho em matemática com gênero, geralmente os meninos se

⁵³ Não se sabe como tais autores tiveram acesso a esses dados, já que, no site do INEP, disponibilizam apenas os resultados do SAEB 2005. Tentamos por várias vezes obter os dados da Prova Brasil 2005 junto ao INEP, por diversas vias (Fale Conosco, email e telefone) sem sucesso.

saem melhor, provavelmente pelas diferenças culturais em sua criação. (MENEZES-FILHO; RIBEIRO, 2009, p. 182).

Em relação às características dos professores, no que se refere à raça, aplica-se a mesma discussão feita para os alunos no que tange à dificuldade em se entender o que exatamente a autodeclaração da raça expressa. Observamos ainda que, para os primeiros, os coeficientes relativos à raça apresentaram menor magnitude em comparação com as mesmas variáveis para os últimos. Acerca dos sinais, nessa mesma comparação, apenas os coeficientes da proporção de professores que se declaram pretos não coincidiu com o coeficiente relativo à mesma proporção no caso dos alunos. Com respeito à qualificação dos professores e às suas atitudes (frequência da correção das tarefas de matemática), os sinais dos efeitos sobre a ineficiência se mostraram como esperado: quanto mais professores qualificados e que corrigem as tarefas de casa, menor a ineficiência. Não se sabe exatamente o grau de independência que os professores possuem para decidirem se corrigem ou não as tarefas de casa, porém, os sinais e magnitudes dos coeficientes estimados sugerem que essa é uma medida simples e de grande efeito que pode ser tomada para melhorar o desempenho dos alunos. Por isso, os diretores das escolas poderiam cobrar mais dos professores esse tipo de atividade.

Sobre o gênero dos docentes, não havia expectativa a respeito do efeito dessa variável. Glewwe et al. (2012, p. 22) comentam que não há evidência consistente sobre o efeito do gênero dos professores sobre sua efetividade, apesar de que há estudos que buscam mostrar os maiores impactos que as professoras exercem sobre as alunas. Nas nossas estimativas observamos um pequeno decréscimo na ineficiência para escolas com maior proporção de professoras.

No que se refere ao tamanho das salas e das escolas, as evidências empíricas não são conclusivas e há argumentos tanto pró como contra escolas e salas pequenas. Riordan (2004, p. 158-164) expõe argumentos e resultados de diversos trabalhos para os dois lados dessa disputa⁵⁴. A favor das escolas menores o autor elenca as razões geralmente apontadas para o sucesso dessas escolas, tais como, possuir maior controle sobre o comportamento dos alunos, evitando abandono e comportamentos desviantes em seu corpo discente; além

⁵⁴ Vide também (SLATE; JONES, 2005) para uma revisão de literatura sobre os efeitos do tamanho das escolas sobre seus resultados.

do que, tais escolas são capazes de oferecer um atendimento mais personalizado, dentre outras. Por outro lado, há argumentos no sentido contrário que afirmam que, por uma questão de economia de escala, as escolas maiores são capazes de oferecer uma melhor infra-estrutura e uma maior diversidade de atividades.

Há até mesmo argumentos menos radicais, em que se postula que as escolas devem possuir um tamanho intermediário a fim de que seja possível usufruir em alguma medida das vantagens oferecidas por escolas grandes e pequenas. A evidência mais forte em favor da existência de um tamanho ótimo de escola é verificada quando relacionamos tamanho das escolas com eficiência econômica, já que, em muitos casos, constatou-se a existência de uma curva de custo médio por aluno em formato de “U”, o que significa que esses custos decrescem à medida que a escola admite mais alunos, porém, isso só ocorre até certo ponto, quando o custo médio por aluno atinge seu valor mínimo, a partir daí a admissão de mais alunos implicará custos médios crescentes. (SLATE; JONES, 2005, p. 3-4)

Essa última tese, sobre a existência de um tamanho ótimo de escola, parece bastante razoável, por isso decidimos incluir a variável número de salas (n_{salas}) em uma especificação polinomial até o terceiro grau. Daí, obtivemos que a ineficiência é decrescente para escolas que possuem entre 13 e 88 salas, o que equivale, em termos de número de alunos, ao intervalo entre 377 e 2.552 alunos, considerando uma média geral de 29 alunos por turma. Das 8.155 escolas em estudo, 3.452 escolas se encontram nessa faixa.

Raciocínio análogo àquele feito para o tamanho das escolas foi tecido para o tamanho das turmas. Especificamente para as turmas de ensino regular da 4ª série encontramos que escolas com turmas de tamanho médio entre 20 e 47 alunos estão no intervalo de ineficiência cadente. Grande parte das escolas se encontra nesse intervalo, precisamente, são 7.540. Os argumentos pró e contra salas pequenas são bem parecidos àqueles empregados para justificar o tamanho das escolas. É interessante notar que tanto Riordan (2004, p. 164-170) como Hanushek (1998) comentam que os custos de se reduzir o tamanho das salas são muitos altos diante da fraca evidência de que tal redução será benéfica na maioria dos casos. O último autor argumenta ainda haver evidências econométricas de que o impacto positivo de professores qualificados pode mais que compensar a pequena influência no aproveitamento dos alunos em turmas reduzidas, quando tal efeito é detectado.

Convém comentar que essa variável de tamanho médio das turmas não foi calculada pela razão professor aluno, como normalmente se observa. Para tanto, utilizamos os dados da base de turmas do Censo Escolar e agregamos essa base por escola através das médias. Antes dessa operação, como encontramos turmas com número de alunos na casa dos milhares, o que é fisicamente impossível, e turmas com um aluno apenas, decidimos por desconsiderar 1% da base, eliminando 0,5% por cento das observações de cada extremo.

Sobre a dependência administrativa das escolas, como já esperado, as escolas federais mostraram-se muito mais eficientes que as demais. E as escolas estaduais mostraram-se pouco mais eficientes que as municipais.

Em termos das características dos diretores, observamos que as escolas que apresentam diretores com dedicação exclusiva e que foram selecionados e eleitos, apresentam menor ineficiência, com destaque, em termos de magnitude para essa última variável.

Sobre a proporção de alunos da 1ª à 4ª série que abandonam a escola, observamos seu grande impacto no sentido de aumentar a ineficiência das escolas, o que era esperado e faz bastante sentido. Neri (2009) comenta que por detrás da evasão escolar há várias motivações, tais como trabalho infantil, pobreza, miopia em relação aos retornos que a educação pode trazer no futuro e qualidade das escolas. Hanushek, Lavy e Hitomi (2006), em estudo feito com dados do Egito, também encontraram resultados nesse sentido, de que as taxas de abandono são bastante sensíveis à qualidade das escolas.

Para entender como a infra-estrutura, tanto básica como relativa aos equipamentos que as escolas possuem, afeta seus níveis de eficiência, incluímos as variáveis `d_infra_otima` e `info`. A primeira foi escolhida porque parece resumir várias características físicas da escola e foi obtida de uma maneira que consideramos mais isenta, como explicamos a seguir. Por ocasião da Prova Brasil, pesquisadores se dirigem às escolas, preenchem um questionário que cobre desde a existência de estruturas e equipamentos, seu estado de conservação, passando por questões de segurança. Ao final, com base nessas respostas, o pesquisador responde à questão “Como você avalia esta escola, considerando sua infra-estrutura e condições gerais de funcionamento?” marcando uma, entre cinco alternativas que variam de péssima a ótima. Nossa variável se refere à última alternativa. Seu coeficiente, como esperado, apresentou sinal negativo. Glewwe et al. (2012, p. 21 e 41)

em sua criteriosa revisão de literatura dos últimos 30 anos relativa aos impactos dos insumos escolares nos resultados educacionais em países em desenvolvimento, conclui que características ligadas à infra-estrutura básica da escola, tais como qualidade dos telhados, paredes, piso, com mesas e cadeiras, além de existência de biblioteca, parecem conduzir ao melhor rendimento dos alunos. O que é bastante óbvio.

Sobre a variável *info*, que se refere ao fato da escola ter laboratório de informática e/ou outros computadores, mostrou ter pouca relação com a eficiência das escolas. Glewwe et al. (2012, p. 20) comentam que o efeito desse tipo de equipamento sobre os resultados das escolas, medidos em termos de notas em exames padronizados, não é claro. 18 das 26 estimativas analisadas na referida revisão de literatura não apresentaram significância estatística e, em termos de sinais, são distribuídas quase que igualmente.

Feitos os comentários sobre os sinais e magnitudes dos coeficientes da fronteira, vamos aos testes estatísticos relativos à especificação da fronteira.

Na tabela 10, na parte intitulada “Outros parâmetros da fronteira” observamos que os logaritmos, tanto da variância do erro aleatório, como daquela relativa ao erro ligado à ineficiência, $\ln\sigma_v^2$ e $\ln\sigma_u^2$, respectivamente, são estatisticamente significativos, do ponto de vista do teste t. Assim como aqueles parâmetros obtidos por derivação dos dois primeiros.

Os outros testes realizados estão resumidos na tabela abaixo:

Tabela 11 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos *slacks* das notas medianas de matemática da 4ª série

H_0	$\ln LR_{H_0}$	$\ln LR_{H_A}$	Graus de Liberdade	Estatística de Teste $-2*(\ln LR_{H_0} - \ln LR_{H_A})$	p-valor
$\sigma_u=0$	-33.419,41	-33.338,43	1	161,95	0,00
u segue distribuição seminormal	-33.353,86	-33.338,43	1	30,85	0,00
$\beta_1 = \dots = \beta_{35}=0$	-34.566,06	-33.338,43	35	2.455,25	0,00
$\beta_{17}=\beta_{18}=\beta_{19}=0$	-33.391,50	-33.338,43	3	106,14	0,00
$\beta_{20}=\beta_{21}=\beta_{22}=\beta_{23}=0$	-33.418,44	-33.338,43	4	160,01	0,00
$\beta_{24}=\dots=\beta_{28}=0$	-33.364,50	-33.338,43	5	52,13	0,00
$\beta_{29}=\beta_{30}=0$	-33.348,58	-33.338,43	2	20,29	0,00
$\beta_{31}=\beta_{32}=\beta_{33}=0$	-33.421,44	-33.338,43	3	166,01	0,00
$\beta_{34}=\beta_{35}=0$	-33.364,65	-33.338,43	2	52,44	0,00

Obs: Cálculos realizados com base nos resultados gerados pelo STATA/SE 11.2 (STATA CORP, 2009b). Convém comentar que o primeiro teste desta tabela obedece à uma distribuição Qui-Quadrado modificada, que considera o fato do parâmetro testado poder assumir apenas valores maiores que zero. Tal modificação na estatística de teste tem como consequência a redução do p-valor à metade do que seria usualmente calculado, conforme (GUTIERREZ; CARTER; DRUKKER, 2001).

O primeiro teste constante da planilha acima, também reportado junto à estimação da fronteira, confirma a significância estatística da variância ligada ao termo ineficiência, u , apontando para o bom ajuste dos dados a essa forma de fronteira. O segundo teste, prestou-se à escolha entre duas hipóteses de distribuições possíveis para a variável u , nos conduzindo à rejeição da distribuição seminormal em favor da exponencial⁵⁵. Os demais testes tiveram como finalidade verificar a significância conjunta dos parâmetros, tendo em vista que alguns deles não são significativos individualmente, a começar pela avaliação da significância conjunta de todas as variáveis independentes.

Conforme podemos ver, todos os parâmetros testados foram validados. A escolha pelo teste LR se deu porque, de acordo com Coelli et al. (2005, p. 225), para grandes amostras, como é o caso da nossa, as estatísticas que se prestam a essa finalidade são assintoticamente equivalentes, devendo ser escolhidas pela sua conveniência computacional. Os dois testes mais convenientes nesse sentido são o LR e o Wald. Não

⁵⁵A estimação da fronteira convergiu apenas para essas duas distribuições, daí a necessidade de escolher apenas entre essas duas.

apresentamos os resultados desse último, mas mostraram ser os mesmos daqueles gerados pelo teste LR, como esperado.

Passemos aos resultados da fronteira relativa aos *slacks* da nota mediana de matemática da 8ª série de cada escola:

Tabela 12 - Fronteira relativa aos *slacks* das notas medianas de matemática da 8ª série

Variáveis	Coefficientes	Valores Coefficientes	Erro Padrão	Razão t	p-valor	Intervalo de Confiança 95%	
constante	β_0	122,46	8,64	14,18	0,00	105,53	139,39
p8_participacao	β_1	-4,94	1,60	-3,09	0,00	-8,07	-1,81
p8_pais_sep	β_2	21,26	1,75	12,13	0,00	17,82	24,70
p8_reuniao_sempre	β_3	-3,16	3,23	-0,98	0,33	-9,50	3,17
p8_reuniao_alguna	β_4	2,98	3,79	0,78	0,43	-4,46	10,41
p8_estante_livros	β_5	-5,11	2,52	-2,03	0,04	-10,05	-0,17
p8_trab_dom_ate_2h	β_6	-2,30	2,31	-1,00	0,32	-6,82	2,22
p8_trab_fora	β_7	-4,06	1,87	-2,17	0,03	-7,73	-0,40
p8_correcao_sempre	β_8	-14,74	4,68	-3,15	0,00	-23,92	-5,56
p8_correcao_alguna	β_9	-6,67	5,92	-1,13	0,26	-18,28	4,94
n_salas	β_{10}	0,95	0,14	6,98	0,00	0,68	1,22
(n_salas) ²	β_{11}	-0,04	0,00	-9,04	0,00	-0,05	-0,03
(n_salas) ³	β_{12}	0,00	0,00	9,01	0,00	0,00	0,00
tam_médio_turmas_8	β_{13}	1,91	0,49	3,87	0,00	0,94	2,88
(tam_médio_turmas_8) ²	β_{14}	-0,07	0,02	-4,03	0,00	-0,10	-0,04
(tam_médio_turmas_8) ³	β_{15}	0,00	0,00	3,49	0,00	0,00	0,00
p_abandono_5_8_séries	β_{16}	6,28	3,20	1,96	0,05	0,01	12,55
p8_a	β_{17}	-96,36	11,61	-8,30	0,00	-119,13	-73,60
p8_b	β_{18}	-49,88	3,45	-14,46	0,00	-56,64	-43,12
p8_cd	β_{19}	-16,80	3,10	-5,42	0,00	-22,87	-10,73
p5_8_alun_fem	β_{20}	-11,08	4,86	-2,28	0,02	-20,61	-1,55
p5_8_alun_branco	β_{21}	-16,05	1,65	-9,74	0,00	-19,28	-12,82
p5_8_alun_pretos	β_{22}	14,13	5,96	2,37	0,02	2,44	25,82
p5_8_alun_pardos	β_{23}	4,64	1,41	3,30	0,00	1,88	7,39
p5_8_doc_fem	β_{24}	-4,44	1,41	-3,15	0,00	-7,20	-1,68
p5_8_doc_branco	β_{25}	-3,75	0,93	-4,02	0,00	-5,58	-1,92
p5_8_doc_pretos	β_{26}	4,36	4,19	1,04	0,30	-3,84	12,57
p5_8_doc_pardos	β_{27}	-0,36	1,24	-0,29	0,77	-2,80	2,08
p5_8_doc_nivel_sup	β_{28}	-5,83	1,14	-5,10	0,00	-8,07	-3,59
d_fed	β_{29}	-4,08	9,23	-0,44	0,66	-22,16	14,01
d_est	β_{30}	-0,25	0,47	-0,53	0,60	-1,17	0,67
d_dir_ded_exc	β_{31}	-1,58	0,43	-3,70	0,00	-2,41	-0,74
d_dir_eleito	β_{32}	-0,55	0,56	-0,98	0,33	-1,66	0,56
d_dir_sel_eleito	β_{33}	-7,83	0,57	-13,83	0,00	-8,94	-6,72
info	β_{34}	0,34	0,34	0,97	0,33	-0,34	1,01
d_infra_otima	β_{35}	-3,68	0,59	-6,28	0,00	-4,82	-2,53
Outros Parâmetros da Fronteira							
$\ln(\sigma_v^2)$		5,34	0,03	159,21	0,00	5,27	5,40
$\ln(\sigma_u^2)$		4,92	0,07	73,66	0,00	4,79	5,05
σ_v		14,41	0,24			13,94	14,89
σ_u		11,70	0,39			10,96	12,49
$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$		344,46	6,50			331,72	357,20
$\lambda = \sigma_u / \sigma_v$		0,81	0,59			-0,34	1,96

Demais Informações

Foram necessárias três iterações para a convergência da fronteira.

O termo u_i , que designa a ineficiência, tem distribuição exponencial.

Fonte: As estimativas acima foram realizadas no software STATA SE/11.2 (STATA CORP, 2009b) por meio do comando Frontier.

Como essa fronteira é análoga à primeira, faremos apenas algumas comparações entre os resultados e depois apresentaremos os testes estatísticos realizados, assim como feito para a fronteira anterior.

Nessa estimativa a maioria dos coeficientes manteve o sinal da primeira fronteira. Os que não seguiram esse padrão foram os relativos às seguintes variáveis: proporção de pais de alunos da 8ª série que frequentam algumas reuniões (p8_reunião_alguna), ao percentual de alunos dessa mesma série que trabalham fora (p8_trab_fora) e ao fato dos diretores serem eleitos apenas (d_dir_eleito).

A primeira inversão vista isoladamente pode não fazer sentido. Todavia, pode ser lida como a perda da importância desse aspecto, quando falamos de crianças mais velhas. Especialmente se a referida inversão for interpretada levando-se em consideração tanto a redução da magnitude do coeficiente relativo à outra variável que trata da frequência dos pais às reuniões escolares (p8_reunião_sempre) como a perda de significância estatística de cada um desses coeficientes. Ou seja, a presença dos pais às reuniões, mesmo frequentemente já não trás tantos ganhos em termos de eficiência quando falamos de crianças mais velhas.

A segunda inversão pode indicar o fato de que adolescentes⁵⁶ que trabalham fora não têm rendimento prejudicado por isso, uma vez que os que chegaram até à 8ª série são os mais persistentes, já acumularam conhecimento, provavelmente são pessoas mais maduras e que por todos esses motivos conseguem ir bem na escola, apesar de trabalharem fora.

A última inversão não parece ser muito importante, seja porque nas duas fronteiras os coeficientes não se mostram estatisticamente diferentes de zero em termo individuais, seja porque a magnitude dos coeficientes é muito pequena, menor que um em termos absolutos.

Outro grupo que merece destaque são as que tiveram seus coeficientes muito aumentados ou diminuídos em termos absolutos, mantidos os sinais. Na primeira categoria, estão as variáveis relativas ao fato dos pais morarem separados (p8_pais_sep), às classes

⁵⁶Dizemos adolescentes porque os alunos de 8ª série têm pelo menos 14 anos de idade.

sociais a que os alunos pertencem (p8_a, p8_b, p8_cd), aos alunos da 5ª à 8ª série que se declaram negros (p5_8alun_pretos), aos docentes que se declaram brancos (p5_8_doc_branco) e aos que possuem nível superior (p5_8_doc_nivel_sup), além daquela variável referente ao fato dos diretores serem selecionados e eleitos (d_dir_sel_eleito). Esperava-se que esse grupo de variáveis, sobretudo àquelas relativas aos alunos, exercesse efeitos de menor intensidade que aquela verificada no caso dos alunos mais novos, já que, intuitivamente, não é absurdo pensar que as crianças mais velhas, ou adolescentes, seriam menos suscetíveis ao meio que vivem. Diante disso, não sabemos se esse fenômeno observado, da intensificação dos impactos de algumas variáveis, se deve à existência de um real efeito cumulativo do meio sobre a criança ou se deve à melhor qualidade das respostas dadas nos questionários por crianças com mais idade ou adolescentes.

Na categoria das variáveis que tiveram seus efeitos reduzidos em termos absolutos, mantidos os sinais, destacamos as proporções de: alunos que realizam até duas horas de trabalhos domésticos (p8_trab_dom_ate_2h), alunos que afirmam que os professores corrigem sempre as tarefas de matemática (p8_correcao_sempre), alunos que afirmam que os professores corrigem algumas vezes as tarefas de matemática (p8_correcao_alguma), alunos da 5ª à 8ª série que abandonaram a escola (p_abandono_5_8_séries), alunos da 5ª à 8ª série que se declaram pardos (p5_8_alun_pardos), docentes da 5ª à 8ª série que se declaram pardos (p5_8_doc_pardos). Na categoria em questão estão também as *dummies* que indicam se a escola é federal (d_fed) ou estadual (d_est). Sobre esse grupo de variáveis também fica a dúvida se os seus efeitos realmente são menores em relação àqueles observados para as crianças mais novas, porque as crianças velhas podem não ser tão sensíveis ao meio, ou se tal fato se deve à melhor qualidade das respostas do segundo grupo.

Sobre os tamanhos tanto de salas como das escolas, encontramos que: para salas entre 20 e 50 alunos e para escolas que tenham entre 14 e 88 salas, a ineficiência é decrescente. Resultados bem parecidos com aqueles encontrados na primeira fronteira.

Abaixo seguem os testes estatísticos análogos ao realizados na fronteira anterior:

Tabela 13 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos *slacks* das notas medianas de matemática

H_0	$\ln LR_{H_0}$	$\ln LR_{H_A}$	Graus de Liberdade	Estatística de Teste $-2*(\ln LR_{H_0} - \ln LR_{H_A})$	p-valor
$\sigma_u=0$	-35.367,59	-35.234,67	1	265,83	0,00
u segue distribuição seminormal	-35.245,51	-35.234,67	1	21,67	0,00
$\beta_1 = \dots = \beta_{35} = 0$	-36.647,51	-35.234,67	35	2.825,67	0,00
$\beta_3 = \dots = \beta_7 = 0$	-35.245,78	-35.234,67	5	22,22	0,00
$\beta_8 = \beta_9 = 0$	-35.252,50	-35.234,67	2	35,66	0,00
$\beta_{24} = \dots = \beta_{28} = 0$	-35.263,76	-35.234,67	5	58,18	0,00
$\beta_{29} = \dots = \beta_{33} = 0$	-35.362,62	-35.234,67	5	255,90	0,00
$\beta_{34} = \beta_{35} = 0$	-35.254,14	-35.234,67	2	38,93	0,00

Obs: Cálculos realizados com base nos resultados gerados pelo STATA/SE 11.2 (STATACORP, 2009b). Convém comentar que o primeiro teste desta tabela obedece à uma distribuição Qui-Quadrado modificada, que considera o fato do parâmetro testado poder assumir apenas valores maiores que zero. Tal modificação na estatística de teste tem como consequência a redução do p-valor à metade do que seria usualmente calculado, conforme (GUTIERREZ; CARTER; DRUKKER, 2001).

Por fim, abaixo segue a fronteira relativa aos *slacks* referentes ao número de alunos:

Tabela 14 - Fronteira relativa aos *slacks* referentes ao número de alunos

Variáveis	Coefficientes	Valores Coefficientes	Erro Padrão	Razão t	p-valor	Intervalo de Confiança 95%	
constante	β_0	137,38	9,05	15,17	0,00	119,64	155,13
d_0_20mil	β_1	9,96	3,28	3,04	0,00	3,53	16,39
d_rm	β_2	45,20	2,84	15,92	0,00	39,64	50,76
p60_mais	β_3	-558,90	55,09	-10,15	0,00	-666,87	-450,94
n_salas	β_4	22,73	0,82	27,56	0,00	21,11	24,35
(n_salas) ²	β_5	-0,48	0,03	-17,66	0,00	-0,53	-0,43
(n_salas) ³	β_6	0,00	0,00	14,25	0,00	0,00	0,00
p_abandono_fund	β_7	519,54	19,43	26,74	0,00	481,47	557,62
d_fed	β_8	-237,82	48,41	-4,91	0,00	-332,70	-142,95
d_est	β_9	-6,65	2,72	-2,44	0,02	-11,99	-1,32
d_dir_ded_exc	β_{10}	-17,75	2,61	-6,81	0,00	-22,86	-12,64
d_dir_eleito	β_{11}	-3,60	3,39	-1,06	0,29	-10,25	3,04
d_dir_sel_eleito	β_{12}	-33,28	3,35	-9,92	0,00	-39,85	-26,70
info	β_{13}	8,98	2,08	4,33	0,00	4,92	13,05
d_infra_otima	β_{14}	-25,00	3,64	-6,87	0,00	-32,12	-17,87
d_depredação	β_{15}	12,70	2,62	4,84	0,00	7,55	17,84
d_med_segurança	β_{16}	-12,17	2,62	-4,64	0,00	-17,30	-7,03
Outros Parâmetros da Fronteira							
$\ln(\sigma_v^2)$							
constante		9,32	0,02	570,60	0,00	9,28	9,35
$\ln(\sigma_u^2)$							
n_turmas		-0,15	0,00	-60,11	0,00	-0,16	-0,15
constante		11,13	0,05	241,66	0,00	11,04	11,22
σ_v		105,43	0,86			103,76	107,13

Demais Informações

Foram necessárias 241 iterações para a convergência da fronteira.

O termo u_i , que designa a ineficiência, tem distribuição seminormal.

Fonte: As estimativas acima foram realizadas no software STATA SE/11.2 (STATA CORP, 2009b) por meio do comando Frontier.

Nessa fronteira procuramos inserir variáveis que pudessem explicar porque as escolas não atendem à quantidade de alunos que teoricamente teriam capacidade para atender.

Dentro da disponibilidade de variáveis tentamos levar em conta os seguintes aspectos que podem influenciar tanto a demanda como a oferta por vagas: o tamanho do município em que a escola se encontra, se tais municípios atraem população, qual a composição da população em termos de faixa etária, qual o tamanho da escola, se ela é de

qualidade, bem administrada, dotada de boa infra-estrutura e equipamentos e se oferece segurança aos alunos.

As duas primeiras *dummies* constantes da fronteira acima: se escola está em um município com até vinte mil habitantes (*d_0_20mil*), (IBGE, 2011b) e se está em município considerado região metropolitana (*d_rm*), (IBGE, 2011a), nos mostram que há ineficiências tanto em cidades grandes como pequenas, proporcionais ao tamanho das cidades. Menos de 5% das escolas localizadas em regiões metropolitanas estão em cidades com menos de 20 mil habitantes. Desse modo, a primeira *dummy* se refere às cidades menores e a segunda, às maiores. Esses resultados parecem corroborar o fato de que não faltam vagas nas escolas brasileiras, já que a taxa de atendimento é bem alta, mesmo nas regiões mais pobres, como exposto na introdução desse trabalho. O problema maior parece estar ligado à qualidade, tanto das instalações como do ensino.

Escolas localizadas em municípios com maior parcela de idosos, pessoas com mais de sessenta anos (*p60_mais*) (IBGE, 2011b), mostraram ser menos ineficientes. Provavelmente pelo fato de não terem muita demanda para seus serviços.

Em relação ao tamanho das escolas, (*n_salas* e seus termos ao quadrado e ao cubo), os resultados obtidos sugerem que as escolas maiores são menos ineficientes, como era de se esperar. As escolas que possuam entre 32 e 95 salas, ou, entre 928 e 2.755 alunos, considerando a já citada média de 29 alunos por sala, são as que estão no intervalo de ineficiência cadente. Apenas 37 escolas na amostra se enquadram nessa faixa. Corroborando a constatação de Sampaio de Sousa (1998, p.453), de que as escolas na América Latina não exploram as vantagens propiciadas pelas economias de escala. Convém considerar que a diferença entre o tamanho ideal de escola verificada entre as duas primeiras fronteiras e essa é justificável, uma vez que as duas primeiras referiam-se às ineficiências ligadas ao rendimento dos alunos, enquanto a última se refere à ineficiência ligada à realidade física das escolas.

Acerca da proporção de alunos da EF que abandonam a escola, como esperado, maiores proporções de abandono indicam escolas com maior ineficiência, com destaque para o tamanho do coeficiente.

Em termos da dependência administrativa a que a escola pertence e às características do diretor, os resultados são bem similares aos obtidos nas duas primeiras

fronteiras. O que se repete para as variáveis *d_infra_otima* e *info*. As duas últimas variáveis que tratam do estado de conservação da escola (se há sinais de depredação) e da segurança (se os diretores adotam medidas de segurança nas imediações da escola) apresentaram também os efeitos esperados. Escolas com sinais de depredação atraem menos alunos e, portanto, deixam de atingir sua capacidade máxima de atendimento. Por outro lado, escolas que oferecem maiores condições de segurança, atraem mais alunos e por isso reduzem sua ineficiência.

Como nessa fronteira estamos lidando com escolas de tamanhos muito diferentes, levamos tal heterogeneidade em conta incluindo a variável número de turmas por escola (*n_turmas*), que é uma medida do tamanho da escola, como variável explicativa da variância relativa à parte do erro ligada às ineficiências, a fim de evitar que os parâmetros da fronteira sejam viesados, conforme já comentado na seção 3.3.2 desse trabalho. Como podemos ver na tabela 14, esse parâmetro assim como os outros relativos às variâncias, tanto do termo *u* como do termo *v* são significativos, o que mostra o bom ajuste dos dados ao formato da fronteira. Sobre a hipótese distribucional da parte do erro ligada à ineficiência, não tivemos que escolher, já que a distribuição seminormal foi a única que se ajustou aos dados.

Seguindo o padrão de apresentação das fronteiras, fizemos os testes de exclusão das variáveis explicativas, assim como foi feito para as estimações anteriores. Como de praxe, testamos se todas as variáveis são significativas conjuntamente e posteriormente testamos a exclusão de um grupo de variáveis, no caso as que caracterizam os diretores, das quais uma delas não se mostrou significativa individualmente em termos estatísticos. Tais testes constam do quadro abaixo:

Tabela 15 - Testes Razão de Verossimilhança relativos à fronteira referente aos *slacks* do número de alunos

H_0	$\ln LR_{H_0}$	$\ln LR_{H_A}$	Graus de Liberdade	Estatística de Teste $-2*(\ln LR_{H_0} - \ln LR_{H_A})$	p-valor
$\beta_1 = \dots = \beta_{16} = 0$	-51.066,09	-49.745,35	16	2.641,48	0,00
$\beta_{10} = \dots = \beta_{12} = 0$	-49.824,80	-49.745,35	3	158,89	0,00

Obs: Cálculo realizados com base nos resultados gerados pelo STATA/SE 11.2 (STATA CORP, 2009b).

5.3) Resultados do 3º Estágio

Com base na estimação das fronteiras descritas na seção anterior, ajustamos os dados referentes às variáveis de resultado de acordo com (TONE; TSUITSUI, 2009). As estatísticas descritivas dessas variáveis ajustadas seguem abaixo:

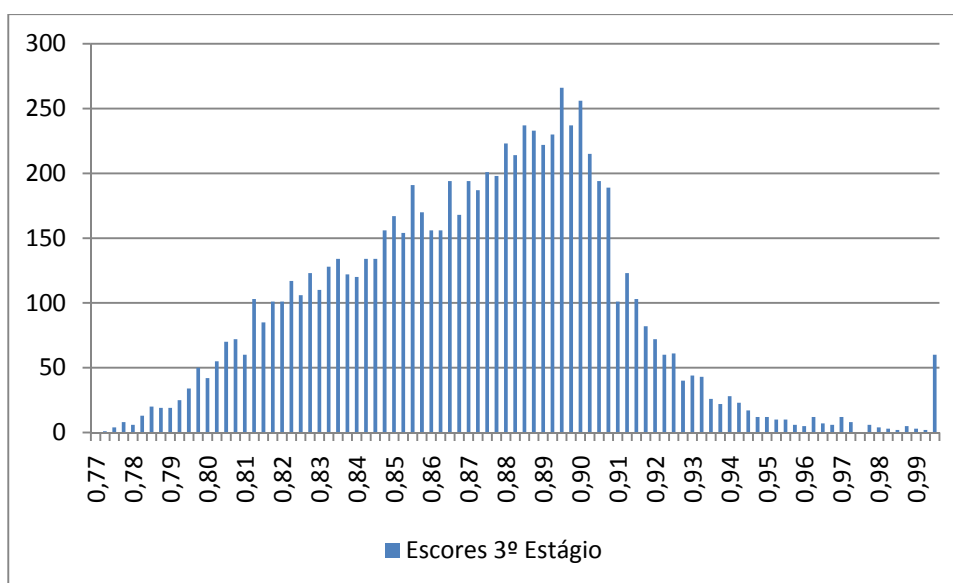
Tabela 16 – Estatísticas descritivas das variáveis de produto ajustadas

Variáveis	Nº de obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Nota Mediana de Matemática - 4ª Série	8.155	188,07	20,63	120,36	289,24
Nota Mediana de Matemática - 8ª Série	8.155	252,76	19,70	170,83	357,37
Número de Alunos da Escolas	8.155	1.118	576	70	4.092

Fonte: Cálculos próprios com base nos microdados da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007b), no que se refere às notas, e do Censo Escolar (INEP, 2007a), no que se refere ao número de alunos. Variáveis ajustadas conforme (TONE; TSUITSUI, 2009).

Os dados da tabela acima foram utilizados junto com as variáveis de insumo originais em um novo cálculo do algoritmo DEA – BCC, gerando um novo conjunto de escores, que apresentam a seguinte distribuição:

Gráfico 05 - Histograma relativo aos escores gerados no 3º Estágio



Pelo histograma já se pode observar que a distribuição dos escores está em torno de um patamar mais alto que aquele verificado no primeiro estágio, sugerindo que os fatores ambientais e aqueles residuais, tratados como aleatórios, têm influência significativa sobre

a eficiência de cada escola. Abaixo se encontram as estatísticas descritivas desses novos escores:

Tabela 17 - Estatísticas descritivas dos escores do 3º estágio

Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
0,87	0,04	0,77	1,00

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

Assim como fizemos para os escores do primeiro estágio, é interessante ressaltar que a média da medida de Farrell equivalente ao escore médio apresentado acima é 1,15, indicando que as escolas devem aumentar seus resultados, mantendo-se a proporção entre eles, em média em 15% para lograrem eficiência máxima. E a escola que está em pior situação, tem medida de Farrell de 1,30, com interpretação análoga.

Podemos observar ainda a evolução dos escores de eficiência por tamanho de escola, conforme abaixo:

Tabela 18 – Evolução dos escores médios de eficiência por tamanho das escolas

Intervalos em decis	Intervalos em número de alunos	Número de Escolas no intervalo	Média Eficiência 1º Estágio	Média Eficiência 3º Estágio	Variação absoluta	Variação relativa
Até o 1º	Até 362	818	0,77	0,84	0,07	8,60%
Entre o 1º e o 2º	362 - 472	813	0,75	0,84	0,09	12,57%
Entre o 2º e o 3º	472 - 565	818	0,74	0,85	0,11	14,69%
Entre o 3º e o 4º	565 - 666	822	0,75	0,86	0,11	14,68%
Entre o 4º e o 5º	666 - 779	808	0,75	0,86	0,12	15,53%
Entre o 5º e o 6º	779 - 900	814	0,76	0,87	0,12	15,47%
Entre o 6º e o 7º	900 - 1.040	821	0,76	0,88	0,12	16,07%
Entre o 7º e o 8º	1.040 - 1.217	811	0,76	0,89	0,12	16,37%
Entre o 8º e o 9º	1.217 - 1.521	815	0,77	0,89	0,12	15,91%
Entre o 9º e o 10º	1.521 - 4.092	815	0,80	0,91	0,11	13,75%

Obs: Intervalos fechados à direita. As médias dos escores de eficiência e suas respectivas variações foram calculadas por intervalo.

Da tabela acima verificamos que os incrementos relativos de eficiência entre o 1º e o último estágio são crescentes no tamanho das escolas até 1.217 alunos.

Com base nos resultados acima, já está claro que os novos escores são, em média, maiores que aqueles obtidos no primeiro estágio. Agora vejamos as alterações ocorridas em termos de ordenação. Como já explicado na seção 3.3.3 desse trabalho, calculamos, para tanto, os coeficientes de correlação de Kendall (1938) e de Spearman (1904), além dos testes t para pares e Wilcoxon para dados ordenados. Para os dois primeiros, encontramos os valores estatisticamente significativos de 26,43%⁵⁷ e 38,51 %, respectivamente. Convém comentar que era esperado que o primeiro coeficiente fosse menor que o segundo (STATACORP, 2009a, 1770). Em relação ao teste t para pares obtivemos que a diferença entre as médias das duas distribuições é estatisticamente significativa. Por fim, para o teste de Wilcoxon, a hipótese nula de que o primeiro ranking é igual ao segundo é fortemente rejeitada. Com base nesses testes, portanto, temos fortes indícios de que os escores ajustados são realmente diferentes dos originais. Feita essa constatação vejamos se tal diferença faz sentido.

Sobre a evolução dos escores médios regionais, a região Nordeste apresentou maiores incrementos, tanto em termos absolutos como relativos. Isso era esperado na medida em que sabemos que essa região enfrenta maiores problemas socioeconômicos que o sudeste. Como parte desse resultado constatamos que das 259 escolas que tiveram seus escores reduzidos, do primeiro para o terceiro estágio, 242 estão na região sudeste. Cabe ainda destacar que apesar da maior evolução do escore médio da região Nordeste, esse ainda assim permaneceu um pouco abaixo do escore médio da outra região, como podemos ver no quadro abaixo:

Tabela 19 - Evolução dos escores médios de eficiência por região

Regiões	1º Estágio	3º Estágio	Variação Absoluta	Variação %
Nordeste	0,73	0,86	0,12	16,75%
Sudeste	0,78	0,88	0,10	12,57%
Total	0,76	0,87	0,11	14,35%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

Abrindo um pouco mais esses resultados por UF, temos:

⁵⁷ Esse é o valor do τ_a , que não considera os “nós”, que ocorrem quando as observações mantêm sua posição relativa nos dois rankings comparados. O valor de τ_b , que considera esse nós, mostrou-se muito próximo ao primeiro, assumindo valor igual a 26,45%.

Tabela 20 - Evolução dos escores médios de eficiência das UFs e de suas posições no ranking das duas regiões estudadas

Região	UF	(A) Iniciais	(B) Finais	(B-A)	(B/A -1)*100%	Posição ranking inicial	Posição ranking final
Nordeste	AL	0,72	0,87	0,14	19,66%	10	5
	BA	0,74	0,86	0,12	16,84%	7	7
	CE	0,74	0,85	0,11	14,74%	6	11
	MA	0,72	0,85	0,13	18,00%	11	10
	PB	0,72	0,86	0,14	19,65%	12	9
	PE	0,75	0,86	0,11	14,45%	5	8
	PI	0,73	0,85	0,11	15,54%	8	12
	RN	0,71	0,85	0,13	18,82%	13	13
	SE	0,73	0,87	0,14	19,06%	9	6
Sudeste	ES	0,77	0,88	0,11	14,24%	3	4
	MG	0,79	0,88	0,09	11,86%	2	3
	RJ	0,76	0,88	0,12	16,42%	4	2
	SP	0,79	0,88	0,09	10,98%	1	1

Fonte: Cálculos próprios com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

Outra maneira de comparar o resultado das duas regiões é observar o número de escolas eficientes em cada uma delas. Nesse quesito, notamos também a maior evolução da região nordeste, confirmando, mais uma vez, a importância de se levar em conta os fatores que não estão sob controle das escolas no cômputo de suas medidas de eficiência. Da mesma forma que no resultado relativo aos escores médios de eficiência, o nordeste ainda ficou um pouco atrás da região sudeste, como podemos observar abaixo:

Tabela 21 - Número e percentual de escolas eficientes por região

Regiões	Nº de Escolas			% Escolas eficientes no total		Distribuição das escolas eficientes	
	Total	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio	1º estágio	3º estágio
Nordeste	3.602	13	24	0,36%	0,67%	29,55%	42,11%
Sudeste	4.553	31	33	0,68%	0,72%	70,45%	57,89%
Total	8.155	44	57	0,54%	0,70%	100,00%	100,00%

Fonte: Cálculos próprios com base nos resultados gerados pelo software DEA-Solver-PRO 8.0 (SAITECH, 2012).

Diante dos resultados, naturalmente surge a curiosidade acerca das práticas presentes nas escolas eficientes que as levam a esse patamar. Contudo isso foge ao escopo desse trabalho. O que podemos fazer a esse respeito, para tentar vislumbrar um pouco das características das escolas eficientes frente à amostra, é comparar alguns aspectos das distribuições das variáveis de insumos e resultados desses dois grupos, como mostramos abaixo:

Tabela 22 - Comparativo entre todas as escolas da amostra e as eficientes em relação às variáveis de resultado por alguns percentis

Percentis	Mediana Nota 4ª série			Mediana Nota 8ª série			Número de Alunos		
	Amostra	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio	Amostra	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio	Amostra	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio
0%	120,36	151,14	151,14	170,83	201,70	191,27	70	70	70
25%	169,12	192,27	181,80	219,74	238,10	230,28	519	267	292
50%	181,26	220,85	214,64	231,92	270,76	264,39	779	742	707
75%	196,07	244,53	240,38	246,54	308,44	292,47	1.118	1.942	2.218
100%	289,24	289,24	289,24	357,37	357,37	353,20	4.092	4.092	4.092

Obs: A amostra tem 8155 escolas das quais 44, foram consideradas eficientes no primeiro estágio e 57, no terceiro estágio.

Tabela 23 - Comparativo entre todas as escolas da amostra e as eficientes em relação às variáveis de insumo por alguns percentis

Percentis	Número de Funcionários			TDI EF		
	Amostra	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio	Amostra	Eficientes 1º estágio	Eficientes 3º estágio
0%	12	12	12	0,50	0,50	0,50
25%	43	22	21	17,80	4,20	6,30
50%	58	46	38	30,80	10,30	16,60
75%	79	101	107	44,10	29,70	35,30
100%	345	345	345	94,20	73,50	73,50

Obs: A amostra tem 8155 escolas das quais 44, foram consideradas eficientes no primeiro estágio e 57, no terceiro estágio.

Dos quadros acima depreendemos que as escolas consideradas eficientes possuem notas distribuídas em um patamar superior às escolas da amostra, mesmo após as atenuações geradas pela correção dos escores. O mesmo não pode ser dito quanto tratamos do número de alunos, já que o grupo das escolas eficientes é formado por escolas bem heterogêneas no que diz respeito ao tamanho. Os insumos das escolas eficientes, como era de se esperar, estão distribuídos em torno níveis mais baixos que aqueles observados para as escolas da amostra, especialmente a TDI.

6) Conclusões

Aplicamos o método DEA em três estágios, concebido por Fried et al. (2002) e aperfeiçoado por outros autores, tais como Tone e Tsutsui (2009), a variáveis extraídas principalmente dos microdados, tanto do Censo Escolar como da Prova Brasil 2007 (INEP, 2007a, 2007b), para 8.155 escolas que oferecem EF, localizadas no Sudeste e no Nordeste do Brasil, com objetivo de verificar se tais escolas atingem os melhores resultados possíveis dados seus insumos.

Escolhemos como variáveis de resultado a nota mediana que as escolas alcançaram no teste de matemática da Prova Brasil, para 4ª e 8ª séries, além do número de alunos por escola. Como variáveis de insumos, optamos pelo número de funcionários de cada unidade escolar, que inclui, além dos funcionários administrativos, os docentes, e a TDI da EF.

Mediante a aplicação do método DEA-BCC aos dados acima, com orientação para produto, obtivemos os escores de eficiência para cada escola, além dos chamados *slacks* totais relativos às variáveis de produto, que são o resultado adicional que cada escola deve lograr para se tornar plenamente eficiente. Nessa etapa observamos que as escolas estudadas precisariam aumentar seus resultados, em média, em 32%, mantidas as proporções entre eles, a fim de atingirem eficiência técnica máxima. No entanto, a utilização desse resultado para cobrar melhor desempenho das unidades escolares poderia fazer com que tais escolas fossem responsabilizadas por resultados que não se encontram sob seu domínio, já que muitas das chamadas variáveis ambientais estão relacionadas a características dos estudantes e de suas famílias, as quais não estão sob o controle direto da escola.

Para corrigir esse tipo de distorção, estimamos, a partir desses resultados iniciais, três fronteiras estocásticas no formato produção, cujas variáveis dependentes foram os mencionados *slacks* totais, calculados para cada variável de produto. Dessas estimações pudemos observar os sinais e magnitudes dos efeitos das variáveis ambientais e compará-los àqueles previstos pela literatura.

Nessa segunda etapa, verificamos que o NSE dos alunos, assim como as características de suas famílias, que abrangem não só seus aspectos estruturais, como também o grau de atenção dos pais em relação aos filhos, parecem influir significativamente nos níveis de eficiência das escolas. O que vai de encontro à teoria da “reprodução social”, que como já comentado, assevera que as escolas reproduzem as desigualdades existentes na sociedade.

Outra característica que merece destaque pela magnitude de seu efeito estimado, principalmente para os alunos de 4ª série, é a proporção de professores que corrigem as tarefas de casa de matemática frequentemente. Encontramos que maiores valores nessa proporção estão associados a menores níveis de ineficiência. Diferentemente das variáveis que refletem as características dos alunos e de suas famílias, o hábito de corrigir as tarefas de matemática é algo passível de modificação por parte das escolas e que, portanto, pode e deve ser estimulado dentro de cada uma delas. Outras variáveis que mostraram interferir positivamente na performance das escolas foram aquelas relacionadas às suas boas condições de infra-estrutura, à melhor capacitação dos professores, à escolha dos diretores ser feita por meio de seleção combinada com eleição e ao fato dos diretores se dedicarem exclusivamente às escolas. Por outro lado, a variável que mostrou possuir maiores efeitos no sentido de aumentar a ineficiência das escolas foi a proporção de abandono por parte dos alunos, podendo tal variável ser interpretada de várias maneiras, até mesmo como um indicador da qualidade das escolas, como já comentado.

Nossos resultados sugeriram também a existência de tamanhos ótimos tanto de salas como de escolas. Em outras palavras, escolas e salas muito grandes ou muito pequenas, parecem não gerar impactos favoráveis sobre os níveis de eficiência técnica das escolas. Esse tipo de informação poderá ser útil, por exemplo, na definição dos tamanhos das classes por parte das escolas ou, até mesmo, por parte do poder público. Unidades escolares com turmas muito pequenas poderão decidir aumentá-las até certo tamanho limite, e, desse modo, liberar alguns professores para a realização de outras atividades dentro das escolas. No nosso caso, encontramos que esse tamanho limite está entre 47 e 50 alunos, para classes de 4ª e 8ª séries, respectivamente. O poder público poderá ainda determinar que as turmas sejam de certo tamanho, o que poderá ensejar menor necessidade de contratação de professores e funcionários.

Por fim, cabe comentar que nossas estimações corroboraram o fato comentado no início dessa dissertação de que o problema maior da educação fundamental no Brasil é de qualidade e não de oferta insuficiente.

Depois de discutidos os resultados do segundo estágio da metodologia aqui empregada, ajustamos as variáveis de produto, tanto em relação aos fatores ambientais, como, àqueles residuais, tratados como aleatórios, no intuito de igualar as escolas nesses quesitos e assim compará-las apenas no que diz respeito aos seus aspectos puramente gerenciais. Feito isso, estimamos novos escores DEA-BCC, agora com os dados de produto ajustados, como proposto por Tone e Tsutsui (2009) e obtivemos um novo conjunto de escores de eficiência.

Ao comparar os escores obtidos no primeiro e no terceiro estágio, constatamos que as escolas da região nordeste apresentaram grande evolução nos seus níveis de eficiência, ainda assim permanecendo em níveis um pouco abaixo daqueles calculados para as escolas da região sudeste. O que era de se esperar, dado que já sabemos que a região nordeste enfrenta maiores problemas socioeconômicos em comparação à região sudeste. No conjunto, observamos que ainda há espaço para melhorias por parte das escolas, da ordem de 15% de seus resultados, em média, descontados os fatores ambientais e aqueles considerados aleatórios. Melhorias essas que podem e devem ser cobradas das escolas uma vez que, conforme a metodologia adotada, estão ligadas primordialmente aos aspectos gerenciais de cada escola, os quais estão sob o controle de cada uma delas. Nos resta ainda descobrir quais seriam especificamente esses aspectos, mas isso foge ao escopo desse trabalho.

Por fim, cotejamos algumas características das distribuições das variáveis de produto e insumo para três grupos distintos de escolas, a saber, amostra, eficientes no 1º estágio e no 3º estágio, no intento de detectar se as escolas eficientes apresentam características diferenciadas em relação às demais, no que se refere aos seus insumos e resultados. Vimos que isso ocorre para todas as variáveis exceto para aquela relativa ao número de alunos.

Respondidas as questões lançadas na introdução desse trabalho, relativas ao quão eficientes são as escolas estudadas; que fatores contribuem para tanto e onde estão localizadas, novas questões naturalmente emergem, sobretudo as relacionadas à

identificação dos diferenciais em termos de gestão e de incentivos presentes nas melhores escolas. Como forma de até mesmo verificar os resultados gerados por esse trabalho seria interessante visitar tanto as escolas apontadas como plenamente eficientes, como as situadas no extremo oposto, a fim de entendermos se realmente há diferenças em termos das práticas adotadas em cada uma delas, o que certamente pode ser um ponto de partida para investigações futuras.

7) Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério de Classificação Econômica Brasil**: Dados com base no Levantamento Socioeconômico 2006 e 2007 – IBOPE. 2009. Disponível em: <<http://www.abep.org/novo/Content.aspx?ContentID=302>>. Acesso em: 21 de fev. de 2012.

AFONSO, A.; AUBYN, M. S. Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. **Economic Modelling**, v. 23, n. 3, p. 476-491, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999306000149>>. Acesso em: 06 de jan. de 2012.

AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and Estimation is Stochastic Frontier Production Function Models. **Journal of Econometrics**, v. 06, n. 01, p. 21-37, jul. de 1977. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304407677900525>>. Acesso em: 03 de jan. de 2012.

ALMEIDA, I. B. **Análise de desempenho de escolas públicas cicladas e não cicladas pertencentes ao ensino fundamental**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000470700>>. Acesso em: 04 de fev. de 2012.

ALVES JÚNIOR, J. **Avaliação de eficiência na aplicação de recursos educacionais em presença de condicionantes exógenos e efeitos aleatórios**. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ALEXANDRINO, M.; PAULO, V. **Direito Administrativo**. 13ª Edição. Niterói: Editora Impetus, 1997

AVKIRAN, N. K.; ROWLANDS, T. How to better identify the true managerial performance: State of the art using DEA. **Omega**, v. 36, n. 02, p. 317-324, Abril de 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030504830600017X>>. Acesso em: 30 de dez. de 2011.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Sciences**, v. 30, n. 09, p. 1078-1092. set. de 1984. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2631725>>. Acesso em: 30 de dez. de 2011.

BARBOSA FILHO, F. H.; PÊSSOA, S. Retorno da Educação no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 38, n. 01, abr. de 2008. Disponível em: <<http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/viewFile/130/1024>>. Acesso em: 03 de mai. de 2012.

BARBOSA FILHO, F. H.; PÊSSOA, S. Educação, crescimento e distribuição de renda: a experiência brasileira em perspectiva histórica. In: VELOSO, F. et al. (Org.). **Educação Básica no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. cap. 03, p. 51-72.

BARBOSA, S. G.; WILHELM, V. E. Avaliação do desempenho das escolas públicas por meio de Data Envelopment Analysis. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, PR, v. 31, n. 01, p. 71-79, 2009. Disponível em: <<http://eduemoj.s.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/1547>>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

BESSENT, A.; BESSENT, W. Determining the Comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. Research Report CCS 361, Center for Cybernetic Studies, Austin, Texas, dez. 1979. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA109148>>. Acesso em: 18 de jan. de 2012.

BESSENT, et. al. An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District. **Management Science**, v. 28, n. 12, p. 1355-1367 dez. de 1982. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2630978?origin=JSTOR-pdf>>. Acesso em 26 de jan. de 2012.

BRADLEY, S.; JOHNES, G.; MILLINGTON. The effect of competition on the efficiency of secondary schools in England. **European Journal of Operational Research**, v.135, n. 3, 16 de dez. de 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221700003283>>. Acesso em: 16 de jan. de 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 23 de jan. 2012.

_____. Constituição (1988). Emenda Constitucional nº 14, de 12 de setembro de 1996. Modifica os arts. 34, 208, 211 e 212 da Constituição Federal e dá nova redação ao art. 60 do Ato das Disposições constitucionais Transitórias. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 de set. de 1996a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc14.htm>. Acesso em: 30 de jan. de 2012.

_____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996b. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de dez. de 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 23 de jan. 2012

_____. Lei nº 9.424, de 24 de dezembro de 1996. Dispõe sobre o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério, na forma prevista no art. 60, § 7º, do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, e dá outras providências.. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de dez. de 1996c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9424.htm>. Acesso em: 30 de jan. de 2012.

_____. Decreto nº 2.264, de 27 de junho de 1997. Regulamenta a Lei nº 9.424, de 24 de dezembro de 1996, no âmbito federal, e determina outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de jun. de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2264.htm>. Acesso em: 30 de jan. de 2012.

_____. Lei nº 10.172, de 09 de janeiro de 2001. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de jan. de 2001.

_____. Ministério da Educação. Portaria nº 931, de 21 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de mar. de 2005. Seção 1, nº 55.

_____. Constituição (1988). Emenda constitucional nº 53, de 19 de dezembro de 2006. Dá nova redação aos arts. 7º, 23, 30, 206, 208, 211 e 212 da Constituição Federal e ao art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 de mar. de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc53.htm#art2>. Acesso em: 30 de jan. de 2012.

_____. Ministério da Educação. Portaria nº 264, de 26 de março de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 de mar. de 2007a. Seção 1. Nº 59.

_____. Ministério da Educação. Decreto nº 6.094, de 24 de abril de 2007. Dispõe sobre a implementação do Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação, pela União Federal, em regime de colaboração com Municípios, Distrito Federal e Estados, e a participação das famílias e da comunidade, mediante programas e ações de assistência técnica e financeira, visando a mobilização social pela melhoria da qualidade da educação básica. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 de abr. de 2007b.

_____. Ministério da Educação. Portaria nº 47, de 3 de maio de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 de mai. de 2007c. Seção 1, nº 86.

_____. Lei nº 11.494, de 20 de junho de 2007. Regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação - FUNDEB, de que trata o art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias; altera a Lei no 10.195, de 14 de fevereiro de 2001; revoga dispositivos das Leis nºs 9.424, de 24 de dezembro de 1996, 10.880, de 9 de junho de 2004, e 10.845, de 5 de março de 2004; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 e 22 de jun. de 2007d.

_____. Ministério do Planejamento. **Estatísticas Fiscais**. Disponível em: <https://www.portalsof.planejamento.gov.br/bib/estatis_2010>. Acesso em: 23 de jan. de 2012.

CAUDILL, S. B.; FORD, J. M. Biases in Frontier estimation due to heteroscedasticity. **Economics Letters**, v. 41, n. 01, 1993, p. 17–20 Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016517659390104K>>. Acesso em: 12 de abr. de 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n.3, p. 429-444, nov. de 1978. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377221778901388>>. Acesso em: 06 de jan. de 2012.

_____. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to Program Follow Through. **Management Science**, E. U .A, v. 27, n. 06, junho de 1981. Disponível em: < <http://www.jstor.org/pss/2631155>>. Acesso em: 29 de dez. de 2011

COELLI, T. J. **A guide to DEAP Version 2.1: A data envelopment analysis computer program**. Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA). Department of Econometrics. University of New England, Austrália, CEPA, Working Paper n. 96 de 2008. Disponível em: < <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm> >. Acesso em: 26 de out. de 2011.

_____. A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models. **Operations Research Letters**, v. 23, n. 3–5, p. 143–149, out. de 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167637798000364>>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

_____, T. J. **Software DEAP**. Versão 2.1. 2002. Disponível em: <<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm>>. Acesso em: 26 de out. de 2011.

COELLI, T. J. et al. **An introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2ª Edição. Nova York. Editora Springer. 2005.

COOPER, W.; SEIFORD, L.M.; TONE, KAORU. **Data Envelopment Analysis**. 2ª Edição. Nova York. Editora Springer. 2007.

DELGADO, V. M. S.; MACHADO, A. F. Eficiência das Escolas Públicas Estaduais de Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)**, v. 37, n. 3, p. 427-464, dez. de 2007. Disponível em: <<http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/1054/1017>>. Acesso em: 21 de nov. de 2011.

FARENZENA, N. (Org.) **Custos e condições de qualidade da educação em escolas públicas** : aportes de estudos regionais. Brasília: INEP/MEC, 2005. Disponível em: <http://escoladegestores.mec.gov.br/site/8biblioteca/pdf/MIOLO_Custo_e_condicoes_na_qualidade_da_educacao.pdf>. Acesso em: 24 de jan. de 2012.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 03, p. 253-290, 1957. Disponível em: <<http://www.jstor.org/pss/2343100>>. Acesso: em: 27 de out. de 2011.

FERNANDES, R.; GREMAUD, A. Qualidade da Educação: Avaliação, Indicadores e Metas. In: SEMINÁRIO METAS DE EDUCAÇÃO, 2009, Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos...** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2009. Disponível em: <http://www3.fgv.br/ibrecps/rede/seminario/reynaldo_paper.pdf>. Acesso em: jan. 2009.

FRANCO, C. et al. Qualidade e equidade em educação: reconsiderando o significado de "fatores intraescolares". **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 15, n. 55, Rio de Janeiro, abr./jun. de 2007. Disponível em: <http://www.jurandirsantos.com.br/outros_artigos/ea_avaliacao_e_politicas_publicas_em_avaliacao.pdf>. Acesso em: 29 de jun. de 2012.

FRIED; H. O. et al. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. **Journal of Productivity Analysis**, Países Baixos, v. 17, p.157-174, 2002. Disponível em: <<http://www.terry.uga.edu/~knox/webdocs/FLSY02.pdf>>. Acesso em : 11 de nov. de 2011.

FRIED; H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. Efficiency and Productivity. In: FRIED, H. O.; Lovell, C. A. K.; SCHMIDT; S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Nova York: Oxford University Press, 2008. cap. 1, p. 03-91.

GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C. **Finanças Públicas: Teoria e Prática no Brasil**. 3ª ed.. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 3ª reimpressão.

GLEWWE, P.; HANUSHEK, E.; HUMPAGE, S.; RAVINA, R. School resources and educational outcomes in developing countries: a review of the literature from 1990 to 2010. Center for International Food and Agricultural Policy, University of Minnesota, Department of Applied Economics, **Working Paper WP12-1**, jan. de 2012. Disponível em: <<http://purl.umn.edu/120033>>. Acesso em: 07 de mai. de 2012.

GUTIERREZ, R. G.; CARTER, S.; DRUKKER, D. M. sg160: On boundary-value likelihood-ratio tests. **Stata Technical Bulletin**, n. 60, p. 15–18. Reimpresso em: **Stata Technical Bulletin Reprints**, v. 10, p. 269–273, College Station, TX: Stata Press, 2001. Disponível em: <<http://www.stata.com/products/stb/journals/stb60.pdf>>. Acesso em: 30 de abr. de 2012.

HANUSHEK, E. A. The evidence on class size. Occasional paper n. 98-1, fev. de 1998. Disponível em: <http://www.wallis.rochester.edu/WallisPapers/wallis_10.pdf>. Acesso em: 07 de mai. de 2012.

HANUSHEK, E. A.; KIMKO, D. D. Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations. **The American Economic Review**, v. 90, n. 05, p. 1184-1208, dez. de 2000. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2677847>>. Acesso em: 27 de jan. de 2012.

HANUSHEK, E. A.; LAVY, V.; HITOMI, K. D. Do students care about school quality? determinants of dropout behavior in developing countries. **NBER working paper series**, working paper 12737, dez. de 2006. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w12737>>. Acesso em: 28 de mai. de 2012.

IBGE. rm_atualizada_2008.xls, 14 de dez. de 2011a. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/municipios_por_regioes_metropolitanas/>. Acesso em: 22 de mai. de 2012.

_____. tab2.xls. Brasil.zip. Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico. **Censo 2010**, nov. de 2011b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais_tab_zip.shtm>. Acesso em: 27 de fev. de 2012.

INEP. **Microdados Censo Escolar 2007**. 2007a. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: 06 de set. de 2011.

_____. **Microdados Prova Brasil 2007**. 2007b. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: 04 de set. de 2011.

_____. **Portal INEP**. Disponível em: < <http://portal.inep.gov.br/>>. Acesso em: 24 de jan. de 2011.

_____. Descrição dos níveis da escala de desempenho de Língua Portuguesa – SAEB: 5º e 9º. Ano do Ensino Fundamental. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/escala/2011/escala_desempenho_portugues_fundamental.pdf>. Acesso em: 12 de jan. de 2012a.

_____. Descrição dos níveis da escala de desempenho de Matemática – SAEB: 5º e 9º. Ano do Ensino Fundamental. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/escala/2011/escala_desempenho_matematica_fundamental.pdf>. Acesso em: 12 de jan. de 2012b.

IOSCHPE, G. **A ignorância custa um mundo: O valor da educação no desenvolvimento do Brasil**. São Paulo: Francis, 2004.

JOHNES, J. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. **Economics Education Review**, v.25, n. 3, p. 273-288, jun. de 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272775705000713>>. Acesso em: 29 de dez. de 2011.

JOHNES, J.; JOHNES, G. Research Funding and Performance in U.K. University Departments of Economics: A Frontier Analysis. **Economics of Education Review**, Grã-Bretanha, v. 14, n. 3, p. 301-314, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0272775795000088>>. Acesso em: 16 de jan. de 2012.

LIU, J.; TONE, K. A multistage method to measure efficiency and its application to Japanese banking industry. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 42, n. 2, p. 75-91, jun. de 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012106000309>>. Acesso em: 30 de dez. de 2011.

LOPES, A. L. M.; LANZER, L.A. Data Envelopment Analysis – DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: a case study at federal university of santa catarina – UFSC. **Pesquisa Operacional**, v.22, n.2, p.217-230, jul. a dez. de 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382002000200008&script=sci_arttext>. Acesso em: 19 de dez. de 2011.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. **International Economic Review**, v. 18, n. 02, p. 435-444, jun. de 1977. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2525757.pdf>>. Acesso em: 30 de jan. de 2012.

MENEZES-FILHO, N.; RIBEIRO, F. P. Os determinantes da melhoria do rendimento escolar. In: VELOSO, F. et al. (Org.). **Educação Básica no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. cap. 08, p. 171-188.

MIRANDA, A. C. O desafio da construção de referências de qualidade para os sistemas de ensino : uma avaliação com o uso de análise envoltória de dados – DEA. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000436607&opt=1>>. Acesso em 04 de fev. de 2012.

MIRANDA, A. C.; RODRIGUES, S. C. O Uso da DEA como Ferramenta Alternativa da Gestão Escolar na Avaliação Institucional. **Educação: Teoria e Prática**, v. 20, n. 35, p. 163-180, jul. a dez. de 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/viewFile/3464/3302>>. Acesso em: 29 de nov. de 2011.

MOITA, M. H. V. Medindo Eficiência Relativa de Escolas Municipais da Cidade do Rio Grande RS usando a abordagem DEA - Data Envelopment Analysis. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta/moita/indice/index.html>>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

KENDALL, M. G. A New Measure of Rank Correlation. **Biometrika**, v. 30, n. 1/2, p. 81-93, jun. de 1938. Disponível em: < <http://www.jstor.org/pss/2332226>>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

KENNEDY, M. M.; Findings from the Follow through Planned Variation Study. **Educational Researcher**, v. 07, n. 6, p. 3-11, jun. de 1978. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1175762.pdf>>. Acesso em: 24 de jan. de 2012.

NERI, M. C. O paradoxo da evasão e a motivação dos sem escola. In: VELOSO, F. et al. (Org.). **Educação Básica no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. cap. 02, p. 25-50.

OECD. **Education at a Glance 2011**: OECD Indicators. OECD Publishing, 2011. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/61/2/48631582.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2012.

PSACHAROPOULOS, G.; PATRINOS, H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. **Education Economics**, v. 12, n. 02, ago. de 2004. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTDEBTDEPT/Resources/4689801170954447788/3430000-1273248341332/20100426_16.pdf>. Acesso em: 07 de mai. de 2012

RIORDAN, C. **Equality and Achievement**: An Introduction to the Sociology of education. 2. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.

ROSEN, S. Human Capital. In: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E. (Ed.). **The New Palgrave Dictionary of Economics Online**. 2ª Edição. Palgrave Macmillan, 2008. Disponível em: <http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_H000100>. Acesso em: 23 de jan. de 2012

SAITECH. **DEA- Solver -PRO**: Professional Version 8.0. 2012

SAMPAIO DE SOUSA; M. C. Efficiency and equity aspects of social spending in selected countries of Latin America and East Asia: a comparative approach. **Economia Aplicada**, v. 02, n. 03, p. 445-484, jul. - set. 1998.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; CRIBARI-NETO F.; ŠTOSIĆ, B. D. Explaining DEA Technical Efficiency Scores in an Outlier Corrected Environment: The Case of Public Services in Brazilian Municipalities. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 25, n. 02, p. 287–313, nov. de 2005.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; RAMOS, F. Eficiência Técnica e Retornos de Escala na produção de serviços públicos municipais: o caso do Nordeste e do Sudeste brasileiros. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v.53, n.04, out. a dez. de 1999. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbe/v53n4/a02v53n4.pdf>>. Acesso em: 02 de jan. de 2012.

SAMPAIO DE SOUSA, M. C.; ŠTOSIĆ, B. Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting Nonparametric Frontier Measurements for Outliers. *Journal of Productivity Analysis*, v. 24, n. 02, p. 157-181, 2005.

SIMAR, L.; WILSON, W. P. Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: Recent Developments and Perspectives. In: FRIED, H. O.; Lovell, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Nova York: Oxford University Press, 2008. cap. 4, p. 421-521.

SLATE, J. R.; JONES, C. H. Effects of school size: A review of the literature with recommendations. **Essays in Education**, v. 13, 2005. Disponível em: <<http://www.usca.edu/essays/vol132005/slate.pdf>>. Acesso em: 08 de jun. de 2012.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 01, p. 72-101, jan. de 1904. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1412159>>. Acesso em: 02 de jan. de 2002.

STATACORP. **Statabase reference manual**: release 11. College Station, Texas: Stata Press. 2009a.

_____. **Stata Statistical Software**: Release 11. College Station, Texas: StataCorp LP. 2009b.

ŠTOSIĆ, B. jackstrap.exe. mai. de 2011.

THANASSOULIS, E.; PORTELA, M. C. S.; DESPIĆ, O. Data Envelopment Analysis: the mathematical programming approach to efficiency analysis. In: FRIED, H. O.; Lovell, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Nova York: Oxford University Press, 2008. cap. 3, p. 251-420.

TONI, K.; TSUISUI, M. Tuning regression results for use in multi-stage data adjustment approach of DEA. **Journal of the Operations Research**, v.52, n.02, p. 76-85, 2009. Disponível em: < http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/52-2-76-85.pdf>. Acesso em: 30 de dez. de 2011.

VELOSO, F. 15 anos de avanços na educação no Brasil: Onde estamos? In: VELOSO, F. et al. (Org.). **Educação Básica no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. cap. 01, p. 03-24.

VERHINE, R. E. Levantamento do custo-aluno-ano em escolas de Educação Básica que oferecem condições de oferta para um ensino de qualidade – 2ª Etapa. Relatório Nacional da Pesquisa. Salvador, 2005. Disponível em: <<http://www.isp.ufba.br/INEP%2024-05.pdf>>. Acesso em: 24 de jan. de 2012.

WILSON, P. W. Efficiency in Education Production among PISA Countries, with Emphasis on Transitioning Economies. Jun. de 2005. Disponível em: <http://ueg.eerc.kiev.ua/conf/papers/Wilson_Paul.pdf>. Acesso em: 26 de jan. de 2012.