

Uacauan Bonilha

QUALIFICAÇÃO DOCENTE E DESEMPENHO DISCENTE NO  
ENSINO FUNDAMENTAL BRASILEIRO:  
UM ENFOQUE POR FRONTEIRAS DE PRODUÇÃO COM  
MÚLTIPLOS INSUMOS E MÚLTIPLOS PRODUTOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção da Universidade  
Federal de Santa Catarina, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia  
de Produção.

Orientador: Prof. Jair dos Santos Lapa, Ph. D.

Florianópolis

2002

Uacauan Bonilha

QUALIFICAÇÃO DOCENTE E DESEMPENHO DISCENTE NO  
ENSINO FUNDAMENTAL BRASILEIRO:  
UM ENFOQUE POR FRONTEIRAS DE PRODUÇÃO COM  
MÚLTIPLOS INSUMOS E MÚLTIPLOS PRODUTOS

Esta Tese foi julgada e aprovada para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção do Programa do Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis 06 de dezembro de 2002.

Prof. Edson P. Paladini  
Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Prof. Jair dos Santos Lapa Ph. D.  
Orientador

Prof. Edgar Augusto Lanzer Ph. D.  
Membro Interno

Prof. Gilberto de Oliveira Veloso Dr.  
Membro Externo

Profa. Geni Dornelles Valenti Dra.  
Membro Externo

Prof. Paulo Alberto Barbetta Dr.  
Membro Interno

A minha companheira, Arlete, pelo seu apoio e  
confiança inabaláveis.

Aos meus filhos Iaê, Caio e Téo, pelo  
reconhecimento de meu trabalho.

Aos meus pais Adá e Olga, por estarem  
sempre a meu lado.

*Agradecimentos:*

Ao meu orientador Prof. Jair dos Santos Lapa pelo  
apoio, confiança e amizade.

Aos meus colegas pelo convívio e oportunidades de  
aprendizado.

Às pessoas do INEP com as quais mantive contato,  
pelo apoio e pronto atendimento aos meus pedidos.

Aos professores do PPGEF.

## RESUMO

BONILHA, Uacauan. Qualificação docente e desempenho discente no ensino fundamental brasileiro: um enfoque por fronteiras de produção com múltiplos insumos e múltiplos produtos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Esta tese propõe um modelo que associa qualificação docente e desempenho discente, sob o ponto vista da produção, e que tem como finalidade identificar diretrizes para o estabelecimento de programas de qualificação docente, por parte dos administradores dos sistemas educacionais. Este modelo associa o emprego da análise envoltória de dados (DEA) ao emprego de testes estatísticos de hipóteses. Análise envoltória de dados é empregada para identificar professores eficazes e não-eficazes e, testes estatísticos de hipóteses, para verificar a associação entre o nível de escolaridade do professor e seu desempenho produtivo, bem como a possível influência do ambiente familiar no desempenho produtivo dos professores. O modelo foi aplicado ao contexto da atuação multidisciplinar dos professores da 4<sup>a</sup> série do ensino fundamental da Região Sul, em uma amostra de 117 professores e suas respectivas turmas, extraída do Sistema Nacional de Avaliação do Educação Básica, ano-base 1997. Entre as conclusões destacam-se: que a produtividade dos professores sem formação de nível superior é limitada pela falta de suporte ao trabalho docente e estimulada pelo ambiente familiar que valoriza a educação; que a produtividade dos professores com formação de nível superior pode ser estimulada, de forma equilibrada, por meio da capacitação docente e da melhoria do suporte ao trabalho docente; que, no longo prazo, a qualificação dos professores sem formação de nível superior requer maior volume de recursos, do que a qualificação dos professores com formação de nível superior; que a produtividade dos professores é estimulada pelo ambiente familiar que valoriza a educação.

Palavras chave: qualificação docente, desempenho discente, gestão de política educacional, análise envoltória de dados (DEA), Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico (SAEB).

## ABSTRACT

BONILHA, Uacauan. Teacher qualification and student achievement: a production frontiers focus. Thesis (Doctorate in Production Engineering) Graduate Program in Production Engineering , UFSC, Florianópolis.

This thesis proposes a model that associates educational qualification and student achievement under the production point of view and that is oriented to identify guidelines for programs of teacher qualification. Data Envelopment Analysis is used to identify effective and no-effective teachers and statistical tests to verify the association between teacher's productivity and teacher's education level as well as the influence of parents education in the teachers' productivity. The model was applied in a sample of 117 primary teachers and yours classes, that was extracted of the evaluation of Brazilian educational system, SAEB/97. The main conclusions are: that productivity of the teachers without university education is limited by the educational work support conditions; the productivity of the teachers with university education is equally sensitive to improvements in educational training and in the educational work support conditions; in the long run the qualification of the teachers without university degree request more resources than qualifications of the teachers with university education; teacher's productivity is sensitive to parent's education level.

Key –words: teacher qualification, student achievement, data envelopment analysis, educational policy management, Brazilian educational system .

## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>  | <b>viii</b> |
| <b>LISTA DE QUADROS</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>   | <b>xiii</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>   | <b>14</b>   |
| <b>1.2. Os objetivos</b>   | <b>17</b>   |
| 1.2.1. Objetivo geral da pesquisa  | 17          |
| 1.2.2. Objetivos específicos:  | 17          |
| <b>1.3. Relevância da pesquisa</b>   | <b>18</b>   |
| <b>1.4. Estrutura do documento</b>   | <b>20</b>   |
| <b>2. DESEMPENHO DISCENTE E QUALIFICAÇÃO DOCENTE</b>   | <b>22</b>   |
| <b>2.1. MODELOS COM ENFOQUES QUANTITATIVOS</b>   | <b>22</b>   |
| <b>2.2. O Modelo Conceitual</b>  | <b>26</b>   |
| <b>2.3. O Modelo Quantitativo</b>  | <b>30</b>   |
| <b>3. METODOLOGIA</b>  | <b>39</b>   |
| <b>3.1. A definição do método</b>  | <b>40</b>   |
| <b>3.2. O Modelo DEA-BCC</b>   | <b>44</b>   |
| <b>3.3. O Modelo de Avaliação de Desempenho Discente</b>   | <b>49</b>   |
| <b>4. APLICAÇÃO DO MODELO AOS DADOS DO SAEB/97</b>   | <b>54</b>   |
| <b>4.1. Os dados</b>   | <b>54</b>   |
| <b>4.2. As variáveis</b>   | <b>55</b>   |
| <b>4.3. Qualificação docente e aumento do nível do desempenho discente no curto prazo</b>            | <b>62</b>   |
| 4.3.1. A Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior                                    | 63          |
| 4.3.2. A Fronteira de Eficiência dos Professores Com Formação de Nível Superior                      | 70          |
| <b>4.4. Qualificação docente e aumento do desempenho discente no longo prazo: A Fronteira Global</b> | <b>76</b>   |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b>   | <b>82</b>   |
| <b>5.1. Recomendações</b>  | <b>88</b>   |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | <b>90</b>   |
| <b>APÊNDICE A. BANCO DE DADOS</b>  | <b>98</b>   |
| <b>APÊNDICE B. FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA</b>  | <b>102</b>  |
| <b>APÊNDICE C. RAZÕES ENTRE MULTIPLICADORES</b>  | <b>116</b>  |
| <b>APÊNDICE D. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS</b>   | <b>119</b>  |
| <b>GLOSSÁRIO</b>   | <b>141</b>  |

**LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 2.1. O Modelo Conceitual de Desempenho Discente. _____   | 29 |
| FIGURA 2.2. O Modelo Quantitativo de Desempenho Discente. _____   | 38 |
| FIGURA 4.1. Distribuição dos escores das turmas ineficientes em intervalos de variação igual a 0,5. _____ | 81 |



## LISTA DE QUADROS

|  |     |
|--|-----|
| QUADRO 4.1. Facetas e arestas da Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior. _____   | 64  |
| QUADRO 4.2. Professores eficazes, freqüência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior. _____  | 64  |
| QUADRO 4.3. Facetas e arestas da Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior. _____   | 71  |
| QUADRO 4.4. Professores eficazes, freqüência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior. _____  | 71  |
| QUADRO 4.5. Facetas e arestas da Fronteira Global. _____   | 78  |
| QUADRO 4.6. Professores eficazes, freqüência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira Global. _____  | 79  |
| QUADRO A.1. Número de ordem, código da turma, valores das variáveis e resumo estatístico, para o grupo de professores sem formação de nível superior. _____  | 98  |
| QUADRO A.2. Número de ordem, código da turma e valores das variáveis e resumo estatístico, para o grupo de professores com formação de nível superior. _____   | 100 |
| QUADRO B.1.1. Resultados do Modelo BCC para a Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior: multiplicadores, freqüência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências. _____                 | 102 |
| QUADRO B.1.2 Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos. _____ | 103 |

|   |     |
|---|-----|
| QUADRO B.2.1. Resultados do Modelo BCC para os professores eficazes na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior: multiplicadores, freqüência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências. _____ | 106 |
| QUADRO B.2.2 Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira do Professores Com Formação de Nível Superior: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos. _____           | 107 |
| QUADRO B.3.1. Resultados do Modelo BCC para a Fronteira Global: multiplicadores, freqüência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências. _____  | 110 |
| QUADRO B.3.2. Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira Global: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos. _____   | 111 |
| QUADRO C.1. Razões entre os multiplicadores na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior. _____  | 116 |
| QUADRO C.2. Razões entre os multiplicadores na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior. _____  | 117 |
| QUADRO C.3 Razões entre os multiplicadores na Fronteira Global. ____  | 118 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 4.1. Estatísticas das variáveis no grupo de professores sem formação de nível superior _____                                    | 59 |
| TABELA 4.2. Estatísticas das variáveis no grupo de professores com formação de nível superior _____                                    | 60 |
| TABELA 4.3. Estatísticas das variáveis no conjunto de todos os professores. _____  | 60 |
| TABELA 4.4. Coeficientes de correlações entre as variáveis no grupo de professores sem formação de nível superior. _____               | 60 |
| TABELA 4.5. Coeficientes de correlações entre as variáveis no grupo de professores com formação de nível superior. _____               | 61 |
| TABELA 4.6. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores eficazes sem formação de nível superior. _____                    | 65 |
| TABELA 4.7. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores não-eficazes sem formação de nível superior. _____                | 65 |
| TABELA 4.8. Estatística dos escores de eficiência relativos à Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior. _____          | 66 |
| TABELA 4.9. Relações entre os multiplicadores de insumos e produtos na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior. _____ | 68 |
| TABELA 4.10. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores eficazes com formação de nível superior. _____                   | 72 |
| TABELA 4.11. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores não-eficazes com formação de nível superior. _____               | 72 |
| TABELA 4.12. Resumo estatístico dos escores relativos a Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior. _____                | 73 |
| TABELA 4.13. Relações entre multiplicadores de insumos e produtos na Fronteira dos Professores com Formação de Nível Superior. _____   | 74 |
| TABELA 4.14. Resumo estatístico das variáveis com valores não-corrigidos no grupo de professores eficazes na Fronteira Global. _____   | 77 |

TABELA 4.15. Resumo estatístico das variáveis com valores não-corrigidos no grupo de professores não-eficazes na Fronteira Global. \_\_ 78

TABELA 4.16. Resultados do teste t de Student para comparação do desempenho produtivo médio dos professores não-eficazes segundo seu nível de escolaridade. \_\_\_\_\_ 81

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AF – variável que indica a escolaridade dos pais.

CAP – variável que representa capacitação.

CIE – variável que representa o escore no exame de proficiência em ciências.

EXP – variável que indica a experiência no magistério.

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9394 de 1966.

MAT – variável que representa o escore no exame de proficiência em matemática.

PNE – Plano Nacional de Educação.

POR – variável que representa o escore no exame de proficiência em português.

$q_0^*$  = valor do escore de eficiência do Modelo BCC.

SAEB – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica.

$U_0$  = vetor de produtos da turma avaliada.

$U_j$  = vetor de produtos das turmas que formam o conjunto de tecnologia.

$X_0$  = vetor de insumos da turma avaliada.

$X_i$  = vetor de insumos das turmas que formam o conjunto de tecnologia.

# 1.INTRODUÇÃO

O desempenho discente<sup>1</sup> é influenciado por recursos de natureza social, psicológica e econômica, que interagem entre si formando uma complexa teia de relações no âmbito do sistema educacional<sup>2</sup>. Alguns recursos podem ser controlados pelos administradores dos sistemas educacionais, enquanto que outros não. Entre os que podem ser controlados destaca-se a qualificação docente, como o recurso de política educacional mais eficaz, quando o objetivo é aumentar o nível do desempenho discente e a qualidade da educação, num dado sistema educacional.

A gestão de políticas de qualificação docente fundamenta-se em modelos de associação entre qualificação docente e desempenho discente, que têm em comum o seguinte pressuposto básico: maiores níveis de desempenho discente requerem maiores níveis de qualificação docente. Todavia, a partir desse ponto comum, surgem diferentes tipos modelos que se fundamentam em diferentes teorias, que são concebidos em função das especificidades do método a ser adotado e que com o mesmo referencial teórico, adotam diferentes significados para expressões iguais. Nesse contexto, cabe ao gestor de políticas de qualificação docente selecionar o modelo que retrate da forma mais fiel possível a relação qualificação docente-desempenho discente, que sirva de instrumento de apoio ao processo de tomada de decisão e que aumente a eficácia desse processo.

Nesse sentido, o seguinte problema de pesquisa retrata a perspectiva dos gestores de políticas de qualificação docente:

---

<sup>1</sup> As questões relacionadas às formas de mensuração do desempenho discente é objeto das teorias da avaliação educacional e extrapola o escopo desta tese. Considera-se, neste documento, que o desempenho discente reflete o desenvolvimento cognitivo dos alunos nas diferentes séries e ciclos de ensino e que sua medição baseia-se na comparação entre o conteúdo apreendido e o conteúdo curricular previsto.

<sup>2</sup> Segundo Saviani(1999, p.121), em educação, o termo sistema é empregado com acepções diversas. Nesta tese, entende-se que um sistema educacional caracteriza-se por sua autonomia administrativa e pela interdependência entre seus componentes.

### **como verificar o impacto da qualificação docente sobre o desempenho discente?**

A tese apresentada em resposta ao problema de pesquisa é um modelo insumo-produto concebido para gerar informações de natureza qualitativa, que subsidiem a tomada de decisão gerencial sobre estratégias eficientes de qualificação docente.

Segundo a lógica inerente ao enfoque insumo-produto adotado, supõe-se que os administradores dos sistemas educacionais sejam agentes econômicos racionais, que têm como objetivo básico o uso eficiente dos recursos educacionais. Esse uso eficiente é atingido, quando se obtém o maior nível de desempenho discente possível, para o dado nível de qualificação docente.

O modelo proposto funde a concepção teórica do modelo insumo-produto com o método análise envoltória de dados (DEA) e é validado mediante sua aplicação às turmas da 4ª série do ensino fundamental, de escolas situadas na Região Sul do Brasil, que participaram da pesquisa efetuada pelo Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

No sentido etimológico, entende-se que qualificação docente é o resultado do processo pelo qual se busca desenvolver nos professores um conjunto de habilidades vinculados a uma dada finalidade. Assim, ante a pergunta “Qualificar para quê?” estabeleceu-se que a finalidade da qualificação docente é aumentar os níveis de desempenho discente.

Conceitualmente, a qualificação docente é uma função das condições subjetivas do trabalho docente, as quais referem-se à formação profissional e às práticas pedagógicas do professor. Todavia, não há clareza quanto ao processo de produção subjacente à relação qualificação docente-desempenho discente e, conseqüentemente, sobre quais são os principais atributos da qualificação docente, nem sobre quais são seus impactos. Por conseguinte, esses atributos foram selecionados de modo a representarem as principais diretrizes de políticas de qualificação docente adotadas, no contexto educacional brasileiro.

Desse modo, entende-se que o nível de qualificação docente é uma função de quatro atributos: (1) o nível de escolaridade, (2) a capacitação, (3) a experiência no magistério e (4) a habilitação para o exercício do magistério. Esses atributos foram medidos da seguinte forma: (1) o nível de escolaridade, pela próprio nível de escolaridade do professor; (2) a capacitação, pela frequência a cursos de capacitação; (3) a experiência no magistério, pelo tempo de exercício do magistério e (4) a habilitação para o exercício do magistério, pela regime contratual do professor.

Além desses atributos, o processo de produção subjacente à relação produtiva qualificação docente-desempenho discente incorpora, de modo intrínseco, fatores relacionados à dimensão objetiva do trabalho docente, que refletem o clima da escola e que podem ser controlados pelos gestores dos sistemas educacionais; bem como fatores de contexto, que refletem o meio externo e que não podem ser controlados pelos gestores dos sistemas educacionais, embora afetem o resultado de suas decisões. Mede-se, pelo salário, a parte do clima da escola que pode ser controlada e; a influência do meio externo que é transmitida pelo ambiente familiar e que reflete o suporte familiar ao estudo das crianças, pelo nível de escolaridade dos pais.

Por sua vez, os resultados médios das turmas de alunos, nos exames de avaliação educacional do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) administrado pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC), foram tomados como as medidas do desempenho discente, enquanto produto do trabalho docente, o qual agrega a qualificação docente, o clima da escola e o ambiente familiar.

Ao modelo insumo-produto estruturado, segundo as condições acima referidas, aplicou-se a análise envoltória de dados definindo-se o Modelo de Avaliação. A opção pela análise envoltória de dados deu-se em função de dois aspectos principais: do contexto de trabalho do professor das séries iniciais do ensino fundamental, que leciona mais de uma matéria para uma mesma turma; e da possibilidade de manter a unidade indissociável entre a prática do professor e suas características intrínsecas.



## 1.2. Os objetivos

### 1.2.1. Objetivo geral da pesquisa

Construir um Modelo de Avaliação, tipo insumo-produto, que gere subsídios à tomada de decisão gerencial, em ações de qualificação docente que visam aumentar o nível de desempenho discente.

### 1.2.2. Objetivos específicos:

- Modelar a relação entre qualificação docente e desempenho discente de modo que ela represente a perspectiva da gestão de políticas de qualificação docente.
- Desenvolver um modelo analítico com base no método DEA, que retrate a relação insumo-produto entre a qualificação docente e o desempenho discente, em contextos onde o professor ministra mais de uma matéria para uma mesma turma.
- Selecionar variáveis representativas das turmas de alunos e dos professores da 4<sup>a</sup> série do ensino fundamental de escolas públicas e privadas da Região Sul do Brasil, na base de dados do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico- SAEB, relativa ao ano de 1997, aplicando-se técnicas estatísticas típicas de análise exploratória de dados.
- Aplicar o Modelo de Avaliação ao banco de dados das turmas da 4<sup>a</sup> série de escolas públicas e privadas, da Região Sul do Brasil e analisar seus resultados.

### **1.3. Relevância da pesquisa**

A principal contribuição das pesquisas sobre determinantes do desempenho discente foi derrubar mitos ou verdades pré estabelecidas, como o determinismo social, que condenavam os sistemas de ensino a uma atuação passiva e negavam o papel da escola enquanto instituição social com potencial transformador. A partir do desenvolvimento e disseminação dos resultados dessas pesquisas recuperou-se a credibilidade na qualificação docente, enquanto recurso de política educacional capaz de produzir efeitos significativos no desempenho discente.

Entretanto os administradores dos sistemas educacionais defrontam-se com uma gama variada de concepções e medidas de qualificação docente, que dificultam o processo de tomada de decisão e reduzem a eficácia das políticas de qualificação docente. Considera-se que o primeiro passo para otimizar os resultados dessas políticas é estabelecer o significado de qualificação docente e situá-lo no contexto institucional da educação brasileira. O segundo passo é estabelecer um modelo de associação entre qualificação docente e desempenho discente, que leve em conta a complexidade do processo educacional. E o terceiro passo é adotar um método de análise que preserve, o máximo possível, essa complexidade. Esses foram os eixos que nortearam a tese proposta.

A qualificação docente é um processo contínuo, pois a educação está em constante mutação. Nessa situação, um modelo de análise dos efeitos da qualificação docente sobre o desempenho discente é um valioso instrumento de apoio administrativo, que pode ser usado, por exemplo, na avaliação dos resultados das práticas de qualificação docente em relação

às metas estabelecidas pelo Plano Nacional de Educação<sup>3</sup> - PNE (MEC/INEP, 1998)

O PNE estabeleceu como prioridade o ajuste do nível de escolaridade dos professores, que atuam na pré-escola e no ensino fundamental, às exigências legais definidas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB<sup>4</sup>. A formação continuada dos professores também é um objetivo permanente, conforme determina a LDB em seu Título VI. Entretanto, a pressão para o cumprimento das metas legais acrescentam novas dúvidas às já existentes, seja sobre a qualidade da formação oferecida, dada as ênfases na formação em serviço e à educação à distância, seja sobre a validade de serem aplicados recursos financeiros em ações de capacitação e treinamento. Considera-se que a análise das práticas de qualificação docente, sob os enfoques de curto e de longo prazos, situa o processo de tomada de decisão gerencial em educação entre caminhos alternativos e complementares.

No Brasil as pesquisas sobre a formação de professores dedicam-se mais aos aspectos conceituais, cobrindo questões fundamentais, mas que não suprem as necessidades dos administradores dos sistemas educacionais que precisam tomar decisões que afetam ao sistema educacional como um todo. Destaque-se, nesse particular, a existência de uma lacuna de pesquisas quantitativas sobre as relações entre qualificação docente e desempenho discente, que ofereçam informações objetivas sobre quais são os resultados viáveis com as práticas já estabelecidas de qualificação docente, quais os ganhos esperados em termos de melhoria do desempenho discente, bem como quais as limitações das ações de curto prazo e de longo prazo. As condições objetivas para uma abordagem desse tipo existem e o Modelo de Avaliação proposto como tese pretende suprir, em parte, essa carência de pesquisas quantitativas.

---

<sup>3</sup> O Projeto de Lei nº 4.173 de 1998 submeteu o PNE à aprovação pelo Congresso Nacional e foi sancionado como a Lei 10.172/2001.

<sup>4</sup> Lei 9.394 de 20 dezembro de 1996.

A principal referencia brasileira, para a avaliação quantitativa e qualitativa das práticas de qualificação dos professores adotadas pelas diferentes unidades da federação, é o SAEB. Como a qualificação do professor depende de um conjunto de fatores e não apenas de uma ação isolada, a comparação entre práticas observadas de qualificação dos professores viabiliza a identificação de metas viáveis de qualificação. Não se trata de idealizar qual seria a qualificação desejável, mas sim tomar, como referências, práticas eficazes já estabelecidas.

Esta pesquisa integra-se ao esforço de avaliação do ensino fundamental, explorando parte do potencial do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica.

#### **1.4. Estrutura do documento**

Este relatório está estruturado em cinco capítulos e quatro apêndices. No primeiro são apresentados o problema de pesquisa e os objetivos geral e específicos, bem como é formulada a tese em resposta ao problema de pesquisa. No segundo capítulo fundamentam-se os argumentos apresentados na formulação do problema de pesquisa e conclui-se com a apresentação do Modelo Quantitativo de Desempenho Discente, que associa qualificação docente e desempenho discente. O terceiro capítulo aborda a Metodologia e sua aplicação ao Modelo Quantitativo de Desempenho Discente, gerando o Modelo de Avaliação do Desempenho Discente. No quarto apresenta-se a aplicação do Modelo de Avaliação aos dados do SAE/97 relativos a alunos e professores da 4ª série do ensino fundamental, de escolas públicas e privadas, na Região Sul. No quinto e último capítulo estão as considerações finais e as recomendações.

Quatro apêndices integram este relatório: no primeiro estão os dados usados na parte empírica; os resultados da aplicação estão nos dois apêndices seguintes; os fundamentos do método DEA e de suas medidas de eficiência estão no último apêndice.

## **2. DESEMPENHO DISCENTE E QUALIFICAÇÃO DOCENTE**

Os sistemas de avaliação educacional são estruturados para responder várias questões e demandas dos governantes, dos educadores, dos planejadores e das famílias dos alunos. As concepções dos fatores determinantes do desempenho discente influenciam a estruturação de tais sistemas, pois eles pressupõem um modelo explicativo desse desempenho. O trabalho docente é o principal fator determinante do desempenho discente. Por conseguinte é extremamente útil para os administradores dos sistemas educacionais conhecer a associação entre o desempenho discente e o trabalho docente

Essa associação deve ser considerada em contextos amplos que incorporem as relações causais entre o desempenho discente e demais fatores, de diferentes naturezas, que podem explicar as diferenças no rendimento dos alunos<sup>5</sup>.

### **2.1. MODELOS COM ENFOQUES QUANTITATIVOS**

Kreft (1987) classificou em duas gerações os modelos explicativos do desempenho discente que se baseiam em métodos quantitativos de pesquisa. A primeira geração é representada pelos modelos insumo-produto e a segunda, pelos modelos de escola eficaz.

Os modelos insumo-produto têm a teoria econômica como base e reproduzem relações entre insumos e produtos. Esses modelos pressupõem que a tecnologia do processo de produção é constante; por conseguinte, eles são modelos de “caixa-preta” cuja análise enfoca os

---

<sup>5</sup> A medição do rendimento dos alunos é uma questão a parte e não é objeto de investigação nesta tese.

insumos e os produtos, bem como as relações de produtividade, eficiência e economias de escala.

Outro pressuposto desses modelos é de serem positivas as correlações entre insumos e produtos; ou seja, no curto prazo, maiores níveis de produção exigem maiores quantidades de insumos.

Em educação, não há uma descrição consensual da tecnologia subjacente ao processo pedagógico, o que tem levado a ser adotada uma postura totalmente flexível quanto a definição e escolha dos insumos e produtos no contexto dos modelos insumo-produto.

Esquemáticamente, os modelos insumo-produto de curto prazo podem ser representados por uma função de produção do tipo,  $f(U, X|A) = 0$ , onde os resultados e produtos  $U$  são uma função dos insumos escolares  $X$  e dos insumos não-escolares  $A$ , enquanto que, para os modelos de longo prazo, a função é  $f(U, X, A) = 0$ . Exemplos de insumos escolares são o tempo gasto pelo aluno em tarefas para casa, o absenteísmo do aluno e do professor, as condições da escola tais como aulas ministradas regularmente, classes especiais, atividades extracurriculares, tamanho da turma, tamanho da escola, tamanho da biblioteca, disponibilidade de laboratórios, despesas com pessoal número de funcionários, manutenção e qualidade das construções, o nível de escolaridade do professor, a quantidade de professores, os níveis salariais dos professores e características docentes como atitude e expectativa do professor em relação aos alunos. Insumos não-escolares, como o tamanho da família, a renda familiar, a ocupação dos pais e o nível de instrução dos pais, expressam o suporte que a família dá ao aluno.

Os resultados e produtos do trabalho docente variam do impacto econômico sobre o mercado ao desempenho educacional em exames de avaliação do domínio de conteúdos curriculares. (Baker, 2001). Autores como Ruggiero & Vitaliano (1999) e Lovell; Walters; Wood (1996) diferenciam resultados de produtos: produtos, por exemplo, seriam as aulas ministradas e os escores em testes padronizados de avaliação de

---

domínios de conteúdos curriculares; por outro lado, salários e posição social alcançados pelos egressos na sua vida profissional, seriam resultados. Essa separação entre produtos e resultados nem sempre é observada na literatura sobre desempenho discente. Na maioria das vezes não há uma preocupação explícita com essa diferenciação e os termos produto e resultados são empregados como sinônimos.

Avaliações do domínio de conteúdos mínimos curriculares possibilitam a construção de medidas parcialmente objetivas sobre o desempenho discente. Modelos insumo-produto requerem medidas objetivas. Todavia, os resultados e produtos do trabalho docente são, em larga medida, subjetivos. Por essa razão, escores em testes de avaliação educacional, que medem o domínio de conteúdos curriculares, têm sido as medidas mais utilizadas para avaliar o desempenho discente. Ademais, a subjetividade e a dificuldade de quantificação dos demais produtos e resultados têm limitado seu emprego em modelos quantitativos de desempenho discente .

Os modelos de escola eficaz são modelos de segunda geração, que se caracterizam pelo reconhecimento da existência de um efeito-escola autônomo, que influencia o desempenho discente. Kreft (1987) definiu o efeito-escola como o reflexo do meio ambiente da escola e em particular da turma, no desempenho discente. Excluem-se do efeito-escola as influências das habilidades individuais e dos antecedentes do aluno. Para Goldstein & Woodhouse (2000) , o efeito-escola deriva do corpo de alunos, do quadro de pessoal e demais estruturas permanentes da escola. Isso decorre desses modelos pressuporem que as escolas são entidades discretas e independentes umas das outras. Além desse pressuposto, os modelos de escola eficaz fundamentam-se, também, em uma estrutura escolar multinível e no emprego do valor agregado como medida do efeito-escola.

Para Díaz & Galán (1997), uma estrutura escolar multinível é essencial aos modelos de escola-eficaz, pois as atividades dos níveis mais altos



são facilitadoras da implementação das atividades de níveis mais baixo. Por essa razão, os modelos construídos por esses autores contemplam quatro tipos de fatores: o contexto, os insumos, os processos e os produtos, que se relacionam da seguinte forma: a influência do contexto sobre o produto é mediada pelos processos que transformam insumos em produtos.

Thomas (1998, p. 77) define valor agregado, como:

[...] uma medida do progresso médio dos alunos ao longo de um determinado período de tempo [...]. Compara os resultados depois de fazer os ajustes relativos aos desempenhos variáveis do corpo discente, e reflete o estímulo relativo exercido pela escola sobre o nível anterior de desempenho de um aluno, em comparação com alunos semelhantes de outras escolas.

Os modelos de valor agregado decompõem o desempenho dos alunos em ganhos sucessivos, que se somam. Desse modo, torna-se possível relacionar tais ganhos sucessivos, com os insumos incorporados em cada etapa da vida estudantil. Em decorrência disso, o conceito de valor agregado tem sido incorporado aos modelos insumo-produto, como, por exemplo, nos estudos realizados por Betts (1995), que avaliou o efeito da disponibilidade de computadores sobre o desempenho dos alunos; por Rivkin; Hanushek; Kain (1998), que avaliaram a relação entre a proporção de professores com mestrado, o tempo de experiência dos professores e o desempenho dos alunos, e por Betts & Shkolnik (2000), que avaliaram o efeito do agrupamento de alunos por grau de habilidade sobre o desempenho em matemática. Tal incorporação espelha o modo como vem ocorrendo a interação entre os diferentes modelos de desempenho discente, que, apesar de terem estruturas conceituais independentes, convergem quanto ao significado e importância dos quatro fatores: o contexto, os insumos, os processos e os produtos. É, também, o caso do uso dos resultados de testes padrões de avaliação educacional como

medidas do produto do trabalho docente em Díaz & Galán (1997) e Chapman & Snyder (2000).

## 2.2. O Modelo Conceitual

Basso (1998, p.2) descreve o trabalho docente através de condições subjetivas e objetivas, pois para ele :

O trabalho docente concebido como *unidade* é considerado em sua totalidade que não se reduz à soma das partes, mas sim em suas relações essenciais, em seus elementos articulados, responsáveis pela sua natureza, sua produção e seu desenvolvimento. A análise do trabalho docente, assim compreendido, pressupõe o exame das relações entre as condições subjetivas – formação do professor – e as condições objetivas, entendidas como as condições efetivas de trabalho, englobando desde a organização da prática – participação no planejamento escolar, preparação de aulas, etc. – até a remuneração do professor.

Em USDE/NCES (1999), seus autores associam a formação do professor e as práticas de ensino, por meio da qualidade do professor. Mais precisamente, a qualidade do professor é definida como sendo uma função da preparação e qualificação do professor, de suas práticas de ensino e do suporte à atividade docente. A preparação e qualificação do professor, por sua vez, desdobram-se em formação inicial, designação da área de ensino, educação continuada, experiência no magistério e características do professor como raça, sexo, expectativas e experiência de vida.

Assim, baseando-se em Basso (1998) e em USDE/NCES (1999), descreve-se o trabalho docente através da **qualificação docente** e do **meio ambiente** de suporte ao trabalho docente, interpretando-se a expressão **qualificação docente**, como o processo pelo qual se desenvolve, nos professores, um conjunto de habilidades com a finalidade de promover a melhoria no desempenho discente, e a expressão **meio ambiente**, como apoio complementar que o **clima da escola** e o **ambiente familiar** proporcionam ao aprendizado. Tais expressões são empregadas, nesta tese, com essas interpretações.

A qualificação docente tem sido estudada por vários autores, como Fabiano (1999), Darling-Hammond (1999), Melo (1999), Tardif & Raymond (2000), e em USDE/NCES (1999).

Fabiano (1999) define habilidades, conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico e credenciais de ensino, como atributos da qualificação do professor. Essa autora utilizou os resultados de testes norte-americanos tradicionais em expressão, comunicação e cálculo, para medir as habilidades. Para representar o conhecimento do conteúdo, ela usou os resultados do cruzamento das informações sobre as áreas de formação e sobre o desempenho em testes de habilitação para o magistério (*certification*)<sup>6</sup>. Da mesma forma, para medir o conhecimento pedagógico, foram empregados resultados de testes quantitativos para esse fim. E as credenciais de ensino foram representadas pelo nível educacional, pela habilitação para o magistério (*certification*) e pela experiência docente.

Darling-Hammond (1999) define professor “bem qualificado” como sendo aquele que possui habilitação permanente (*full certified*) e tem o maior nível de formação em sua área de atuação. Darling-Hammond &

---

<sup>6</sup> A certificação de professores para atuarem em escolas públicas é uma exigência comum aos sistemas de ensino norte-americanos. Ballou & Podgursky (1999) justificam que a principal finalidade da certificação é proteger a sociedade contra administradores corruptos e contra o nepotismo.

Ball (1999) identificam educação, treinamento e habilitação como as bases da formação de um professor eficaz.

Considerando-se os principais atributos da qualificação docente acima identificados, USDE/NCES (1999) distingue formação inicial de formação em serviço. A primeira refere-se à formação obtida em cursos preparatórios à carreira docente enquanto que a segunda refere-se à educação continuada, isto é, ao desenvolvimento profissional do professor após seu ingresso na carreira docente. O tempo de treinamento em serviço e a diferença entre o grau de escolaridade corrente e o inicial, na carreira docente, foram usados por esse autor para representar a educação continuada.

Melo (1999) não distingue formação inicial de educação continuada ao tratar da qualificação dos professores na educação brasileira, mas distingue formação de treinamento. A primeira correspondendo à formação universitária em instituições habilitadas para esse fim e o treinamento, a cursos específicos nas áreas de capacitação pedagógica e a cursos de atualização dos novos conteúdos das matérias.

No Brasil, a LDB define a formação inicial de nível superior como sendo o requisito mínimo para o exercício do magistério no ensino básico. Por sua vez, legislação adicional denomina a formação profissional pós-graduada de formação complementar<sup>7</sup>. Subentende-se, pelas interpretações correntes da LDB, que a formação complementar, a capacitação pedagógica e a atualização pedagógica são alternativas de educação continuada.

A ligação entre experiência no magistério e qualificação docente é uma decorrência da natureza da profissão docente onde, segundo Tardif & Raymond(2000), o tempo de aprendizagem do saber docente

---

<sup>7</sup> Conforme foi definida no art. 1 do Anteprojeto de Resolução sobre os Institutos Superiores de Educação, aprovado pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), segundo o Parecer CNE/CP n. 115, de agosto de 1999.

confunde-se com o tempo de vida docente. Justifica-se, então, associar a experiência à extensão da vida docente.

Esses autores, também, associam a habilitação para o exercício do magistério com o nível de comprometimento do professor com a carreira docente e empregam a habilitação formal para medir esse comprometimento. Isso decorre de que, na medida em que o tempo e a aprendizagem do saber profissional se confundem, professores temporários não dispõem das mesmas condições que os professores de carreira para a aprendizagem.

Por conseguinte, nesta tese descreve-se a **qualificação docente** por quatro atributos: a **formação**, o **treinamento**, a **experiência** no magistério e a **habilitação** para o exercício do magistério.

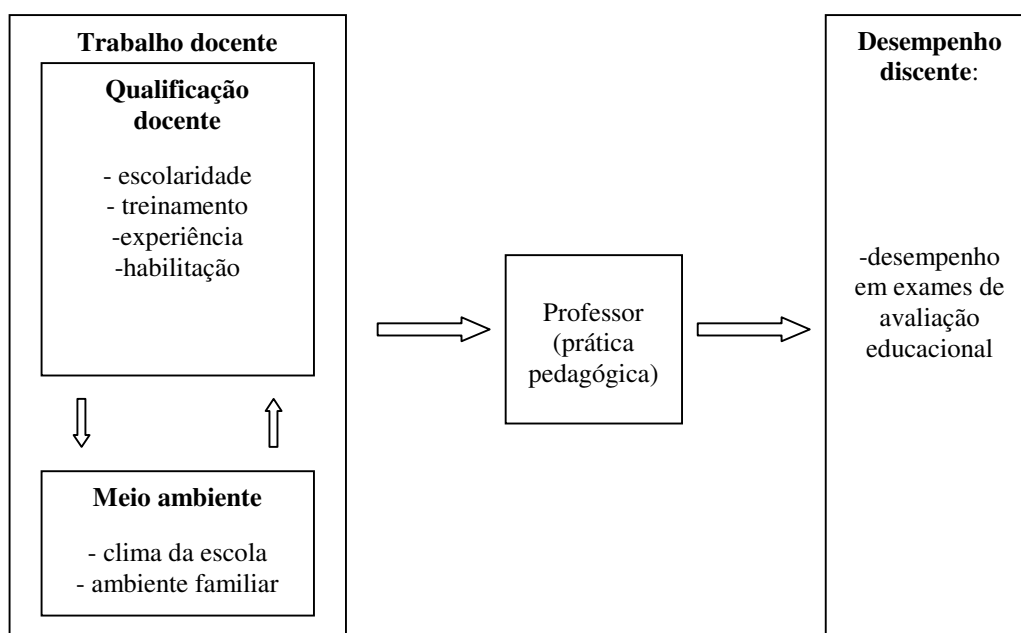


FIGURA 2.1. O Modelo Conceitual de Desempenho Discente.

Em síntese esta tese, para responder à questão de pesquisa “como verificar, em termos quantitativos, o impacto da qualificação docente sobre o desempenho discente?”, associa o desempenho discente e o

trabalho docente através do Modelo Teórico de Desempenho Discente ilustrado na figura 2.1, que é um modelo insumo-produto, com características de modelo de escola-eficaz, haja vista que o trabalho docente contempla duas dimensões: a **qualificação docente**, representada pelos atributos **escolaridade**, **treinamento**, **experiência** e **habilitação**, e o **meio ambiente**, representado pelos atributos **clima da escola** e **ambiente familiar**.

### 2.3. O Modelo Quantitativo

Apesar de os impactos dos atributos do trabalho docente no desempenho discente terem sido muito estudados, ainda não há um consenso sobre como medi-los adequadamente. Antes de as evidências empíricas sobre tais medidas serem discutidas, deve-se destacar que as pesquisas empíricas sobre o trabalho docente têm carecido de uma base experimental, pois existem entraves de natureza social e política, que dificultam a realização de experimentos em educação. Nessa área os pesquisadores defrontam-se com a realidade, tal como ela é (Ziegler, 2002). Aí está a origem de muitas controvérsias sobre as medidas de cada um dos atributos do trabalho docente e de sua influência no desempenho discente. Todavia, apesar dessa limitação, as pesquisas empíricas ainda constituem-se na principal fonte de identificação de tais medidas.

Ziegler (2002) identificou três áreas onde se concentram as discussões sobre medidas de qualificação docente: anos de experiência, educação formal e testes para avaliação de habilidades e competências.

Em relação a anos de experiência no magistério essa autora observou que as evidências sugerem que os professores iniciantes são menos

---

eficazes do que professores com mais tempo de experiência; mas que os ganhos no desempenho discente são decrescentes a partir dos cinco anos de experiência no magistério.

Rivkin; Hanushek; Kain (1998), em sua pesquisa sobre a influência da experiência no desempenho discente, em escolas públicas no Estado do Texas, já haviam chegado a conclusões semelhantes às de Ziegler (2000). Eles verificaram que professores com dois ou mais anos de experiência são mais eficazes que os professores com menos de dois anos de experiência.

Tardif & Raymond (2000) verificaram que, para os saberes docentes adquiridos pelo professor serem totalmente transferidos para o desempenho discente, são necessários, no mínimo, sete anos de exercício da atividade docente. Os dois anos iniciais, desse período mínimo, correspondem a uma fase de transição, no qual o professor filtra o que aprendeu e ajusta esse conhecimento de acordo com sua prática de ensino.

Portanto, verifica-se que, no que diz respeito a influência da experiência no magistério no desempenho discente, existe uma lacuna na literatura científica. Essa lacuna é a amplitude do período mínimo para o saber docente adquirido ser totalmente transferido para o desempenho discente. Como visto acima, esse período mínimo variou de dois a sete anos. Assim, qual é a amplitude real desse período mínimo? A única afirmação possível é que um limite existe, mas que ele não pode ser precisado, pois existem muitas variáveis de natureza pessoal e profissional, cujos efeitos não podem ser dissociados da experiência no magistério. Por essa razão, optou-se por empregar o tempo do professor no magistério para medir a sua experiência.

Quanto à educação formal, a medida mais utilizada para representá-la tem sido o maior nível de escolaridade do professor (nível médio, licenciatura, bacharelado, mestrado e doutorado). A associação entre nível de escolaridade e desempenho discente foi originalmente analisada

por Coleman; Campbell; Hobson et alii (1966), que passou a ser conhecido como Relatório Coleman e tornou-se um marco na análise dos sistemas educacionais sob o prisma da produção. Desde esse Relatório, a associação entre nível de escolaridade e desempenho discente tem sido sistematicamente analisada e a utilização do nível de escolaridade do professor como fator determinante do nível de desempenho discente tornou-se um foco de constante controvérsia. Parte dessa controvérsia se deve às medidas usadas no Relatório, ou seja, medidas tradicionais como número de professores com mestrado e doutorado. Goldaber & Brewer (1997), destacam as limitações de medidas pouco elaboradas, como essas. Segundo esses autores, tal tipo de medida não teria a propriedade de captar a dimensão relevante que a formação docente representa na relação professor-aluno, opinião também compartilhada por Rivkin; Hanushek; Kain. (1998) e Betts (1995), que sugerem o uso de medidas mais sofisticadas, que levem em conta a área de formação do professor e sua área de atuação.

Destaque-se que, historicamente, o nível de escolaridade do professor pode ter sido a medida mais utilizada como fator explicativo do desempenho discente, pelo fato de ter sido empregada, muitas vezes, para representar diferentes componentes da educação formal. Betts (1995), por exemplo, utilizou o nível de escolaridade para representar qualidade da escola.

Apesar das controvérsias quanto ao uso do nível de escolaridade do professor como medida da formação docente, essa medida continua a ser usada pelos pesquisadores, pois existem evidências suficientes que comprovam o impacto da escolaridade do professor no desempenho discente. Observe-se, por exemplo, a relação entre escolaridade do professor, conhecimento da matéria e desempenho discente: Darling-Hammond (1999) destaca que o conhecimento da matéria é uma variável freqüentemente usada para representar a competência do professor; Darling-Hammond & Ball (1999) destacam que essa competência é



adquirida através da formação acadêmica e da capacitação profissional, ou seja, pela educação formal; e Ballou & Podgursky (1999) destacam as relações entre a competência do professor, o nível de conhecimento requerido para que o professor desempenhe sua atividade de maneira satisfatória e o nível de ensino.

Embora o conhecimento e o nível de escolaridade estejam correlacionados, há que se considerar que, em função das exigências dos conteúdos ensinados em cada nível de ensino, a partir de um certo nível de conhecimento, novos cursos freqüentados pelo professor podem ter pequeno impacto sobre o desempenho discente, pois agregariam pouco à competência do professor. Nesse sentido há evidências empíricas suficientes, segundo Ziegler (2002), para afirmar-se que o nível de mestrado é um forte indicador da qualificação docente na educação básica americana<sup>8</sup>, enquanto que o doutorado não. Esses resultados seriam explicados pelo nível de exigência do conhecimento do conteúdo requerido na educação básica.

As evidências sobre o ensino fundamental brasileiro, obtidas por meio do SAEB, nos anos de 1995 e 1997 convergem, em parte, com as evidências sobre a educação norte-americana, visto que o desempenho discente mostrou-se positivamente correlacionado com o nível de escolaridade do professor até o nível superior, mas não com a pós-graduação (MEC/INEP, 1996; 1998).

As críticas às medidas pouco elaboradas da formação docente resultaram, na década de noventa, em pesquisas que passaram a relacionar os níveis de escolaridade com as áreas de formação. Nesse sentido, Goldhaber & Brewer (1997) concluíram existir, nas áreas das ciências exatas e biológicas, uma correlação positiva entre formação graduada e pós-graduada e desempenho discente, enquanto que, nas áreas de literatura inglesa e de história, essa correlação não foi verificada.

---

<sup>8</sup> A educação básica compreende o primeiro e segundo graus, correspondentes ao ensino fundamental e nível médio.

---

Ingersoll (2002), por sua vez, ratifica que a formação em si não é um bom indicativo da qualificação docente, se o professor estiver ensinando fora de sua área de formação.

Portanto, assim como observado com a experiência no magistério, pode existir uma relação de retornos decrescentes entre o desempenho discente e o nível de escolaridade do professor. No caso do nível de escolaridade, o limite para os retornos decrescentes se manifestarem parece ser mais preciso. Todavia deve ser levado em conta a possibilidade de haver um desvio funcional do professor, entre o nível de formação e as exigências da matéria para qual ele foi designado.

Outro elemento da educação formal é o treinamento ou, segundo a terminologia na área da educação, a capacitação, que se diferencia das outras etapas da formação profissional por seu enfoque em temas específicos e por sua duração reduzida. As evidências sobre o impacto da capacitação, enquanto indicador da qualificação docente, são escassas e os pesquisadores defrontam-se, principalmente, com a falta de registros sistemáticos sobre conteúdos e duração dos cursos e atividades de capacitação. Entretanto, assim como há uma relação entre grau de escolaridade e conhecimento da matéria, a lógica é de que a capacitação também deva ter algum efeito sobre esse conhecimento e, por sua vez, deva refletir-se positivamente no desempenho discente. Por essa razão, adota-se a duração dos cursos de capacitação como medida dessa variável.

A avaliação de habilidades e competências é a terceira área apontada por Ziegler (2002), onde se concentram as pesquisas sobre qualificação docente. Aqui se destaca o uso da avaliação enquanto instrumento de habilitação profissional. Essa é outra questão polêmica, onde as evidências empíricas são contraditórias e o debate é travado no campo político.

A relação entre habilitação profissional e qualificação docente no contexto da educação básica norte-americana foi estudada por Goldhaber

& Brewer (1999), que analisaram a habilitação enquanto instrumento administrativo de seleção de professores. Esses autores, levando em consideração a diversidade de mecanismos e exigências adotadas pelos diferentes estados norte-americanos nos processos de seleção, concluíram que alunos de professores com habilitação permanente apresentavam melhores desempenhos do que alunos de professores com habilitação provisória.

Todavia, Ballou & Podgursky (1999) apresentam evidências empíricas que demonstram exatamente o contrário, ou seja, que não há uma relação determinante entre habilitação e desempenho discente. Segundo esses autores, as provas de avaliação para certificação ou habilitação para o magistério podem estar se constituindo, apenas, em barreiras à entrada de pessoas qualificadas para o exercício do magistério. Eles argumentam que os conteúdos dos exames de habilitação refletem os diferentes paradigmas pedagógicos dominantes nas associações profissionais, que elaboram e emitem a certificação. Em consequência disso, tais associações estariam privilegiando profissionais formados segundo seus paradigmas e, assim, estariam violando o princípio básico da certificação, que é evitar abusos de natureza política, como o nepotismo.

Em função dessas divergências, não há como definir, *a priori*, qual é a influência da habilitação sobre o desempenho discente. Mas, conforme Tardif & Raymond (2000), considerou-se, nesta tese, que professores com habilitação profissional têm um maior nível de comprometimento com o trabalho docente, comparativamente aos professores sem habilitação.

Por conseguinte, segundo a estrutura geral do **Modelo Conceitual de Desempenho Discente**, optou-se por empregar como medidas dos atributos de qualificação docente o nível de escolaridade do professor, para representar a formação do professor; a duração dos cursos de curta duração frequentados pelo professor, para representar sua capacitação; o tempo de exercício do magistério como medida de experiência no

magistério; e a situação do professor em relação ao quadro de professores permanentes, para representar a sua habilitação para o magistério. Todas essas medidas referem-se às condições subjetivas do trabalho docente.

As condições objetivas são retratadas no Modelo Conceitual pelo meio ambiente, que se desdobra em clima da escola e ambiente familiar. Assim como Basso (1998), optou-se por adotar o salário do professor como uma medida do suporte ao trabalho docente e, conseqüentemente, do clima da escola, pois, o prêmio salarial é indiscutível fator indutor do aperfeiçoamento profissional e os níveis salariais refletem diferenças no nível de escolaridade e no tempo de serviço. Em geral, a política salarial é endógena às políticas de qualificação docente e essa endogenia tem sido uma das causas que explicam a opção preferencial por políticas governamentais de baixo custo, que não implicam em aumentos da massa salarial. (Melo, 1999). Decorre, então, que o salário, embora não seja um atributo propriamente dito da qualificação docente, representa um aspecto indissociável da política de qualificação docente praticada. Considera-se que o salário é uma medida do **clima da escola**, controlada pelos administradores dos sistemas educacionais.

Quanto à relação entre salário e desempenho discente Hanushek; Kain; Rivkin (1999) apresentam evidências de que não há uma relação significativa entre essas variáveis. Entretanto, eles ressaltam que a análise dessa relação é dificultada por serem os salários dos professores norte-americanos determinados pelas especificidades dos diferentes mercados, regionais, estaduais, urbanos e rurais.

Porém, Dewey; Husted; Kenny (2000) obtiveram resultados diferentes, ao relacionarem desempenho discente com salário do professor, nível educacional do professor e outros insumos do trabalho docente. Baseados na revisão de 414 coeficientes de 127 regressões e em uma aplicação empírica própria, esses autores ponderaram que a ausência de uma relação significativa entre desempenho discente e o salário seria

fruto de um erro de especificação dos modelos estatísticos estimados. Tal erro seria utilizar a renda familiar como insumo, pois essa variável é, caracteristicamente, uma variável de demanda de ensino. Ao corrigirem referido erro, esses autores mostraram que o salário do professor correlaciona-se positivamente com o desempenho discente, contrariando os resultados obtidos por Hanushek; Rivkin; Taylor (1999).

Portanto, ainda permanecem controvérsias sobre a relação entre salário do professor e desempenho discente, nos Estados Unidos. Todavia, a relação entre salário, qualificação docente e desempenho discente é relevante para a educação brasileira. A principal demonstração dessa relevância é o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério – FUNDEF, que aplica 60% do total de seus recursos na remuneração do magistério em efetivo exercício no ensino fundamental público<sup>9</sup>. Justifica-se, assim, a opção pelo salário como medida do **clima da escola**.

As condições sociais e econômicas da família que influenciam o desempenho discente são representadas pelo **ambiente familiar**, que reflete o acesso do aluno às diferentes oportunidades educacionais, bem como as diferentes concepções familiares sobre a importância da educação para as crianças. As variáveis mais utilizadas para representar o **ambiente familiar** têm sido a escolaridade dos pais, o tempo que os pais dispõem em apoio às atividades escolares dos filhos, o tamanho da família e características como raça e sexo (Dewey; Husted; Kenny, 2000). A escolaridade dos pais tem sido empregada, muitas vezes, como uma variável indicativa do *status* econômico da família e, nesse caso, ela é uma variável típica de uma função demanda de ensino, enquanto que, em outras vezes, a escolaridade dos pais é usada como variável representativa da valorização familiar da educação e, nesse sentido, ela se equivale a uma forma de representar o comprometimento dos pais

---

<sup>9</sup> O FUNDEF foi instituído pela emenda constitucional nº14 de setembro de 1996. maiores informações podem ser acessadas no endereço eletrônico: [www.mec.gov.br/sef/fundef](http://www.mec.gov.br/sef/fundef).

para com a educação dos filhos. Assim sendo, optou-se por empregar a escolaridade dos pais como medida do comprometimento dos pais e, conseqüentemente, para representar o ambiente familiar.

Em síntese o **Modelo Quantitativo de Desempenho Discente**, ilustrado na figura 2.2, agrega as medidas selecionadas para representar os quatro atributos da qualificação docente, os dois atributos do meio ambiente de suporte ao trabalho docente e os três atributos do desempenho discente, que são os escores nos exames de avaliação educacional em matemática, português e ciências.

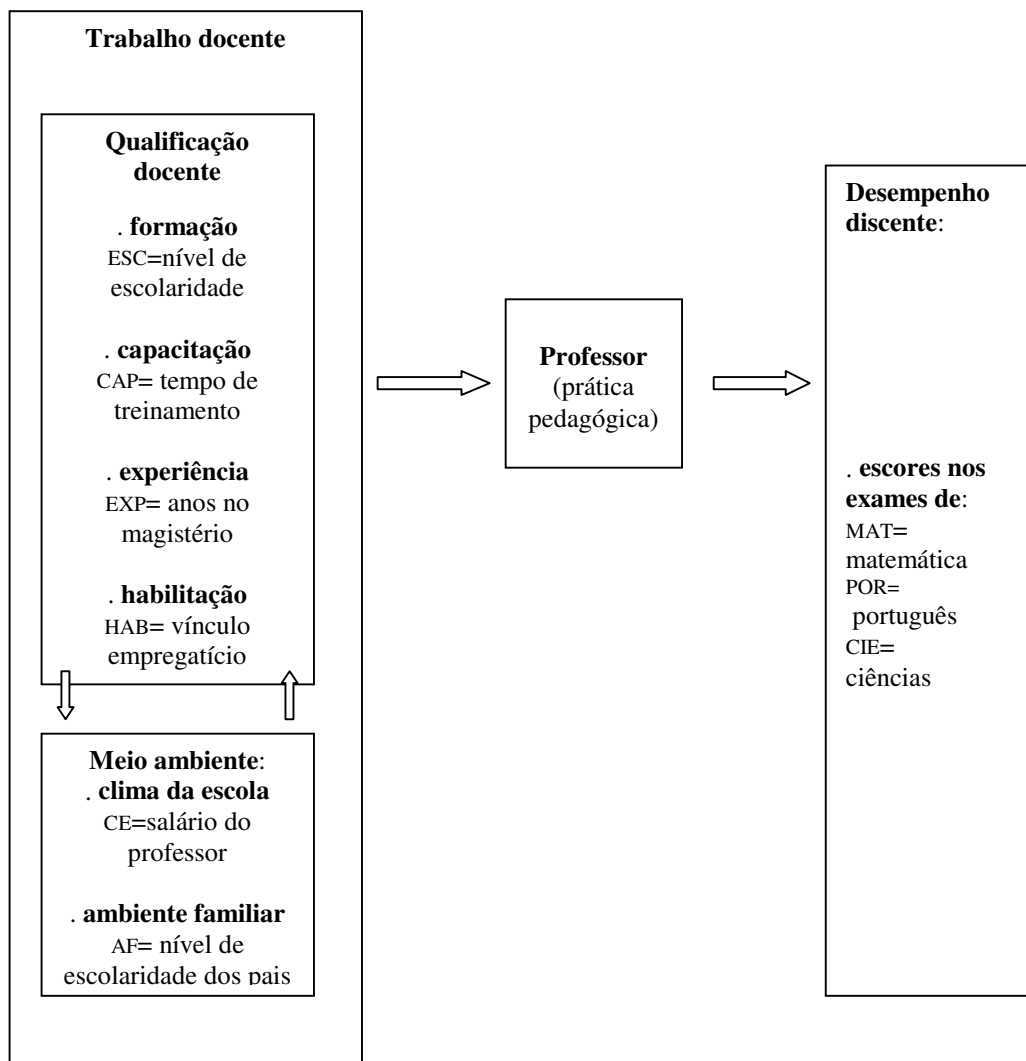


FIGURA 2.2 O Modelo Quantitativo de Desempenho Discente.

### **3. METODOLOGIA**

Este capítulo define e descreve a Metodologia aplicada ao Modelo Quantitativo de Desempenho Discente, com a finalidade de serem gerados subsídios para a identificação de estratégias de qualificação docente e de melhoria do clima da escola, voltadas para o aumento do nível do desempenho discente. Essa Metodologia contempla as seguintes etapas.

Na primeira etapa, análise exploratória de dados é aplicada ao banco de dados com a finalidade de selecionar as variáveis observadas a serem empregadas como insumos. A seguir, emprega-se análise envoltória de dados para construir a fronteira de eficiência dos professores sem formação de nível superior e, de modo semelhante, a fronteira de eficiência dos professores com formação de nível superior. Essas fronteiras descrevem o equilíbrio de curto prazo na relação qualificação docente-desempenho discente e servem, como referências, para a definição de ações de política educacional, no curto prazo. Nesta etapa, verifica-se a possível influência de fatores não-controlados pelos administradores dos sistemas educacionais, no desempenho produtivo dos professores. Para isso, faz-se uso de testes de hipóteses de natureza estatística. Na terceira etapa, análise envoltória de dados é novamente aplicada para construir uma fronteira envoltória das fronteiras de curto prazo; essa fronteira global descreve o equilíbrio de longo prazo e servirá para avaliar o impacto da formação do professor no desempenho discente. Verifica-se, também nesta etapa, a possível influência de fatores não-controlados pelos administradores dos sistemas educacionais, no desempenho produtivo dos professores.

### 3.1. A definição do método

Métodos econométricos, baseados no corpo de conceitos da teoria econômica e na teoria estatística, têm sido os mais usados na estimação de modelos insumo-produto, que relacionam o desempenho discente com o trabalho docente, a exemplo de Betts & Scholnik (2000), Ballou & Podgursky (1999) e Rivkin et alii (1998) e de modelos mais específicos, que relacionam o desempenho discente com a qualificação docente, como os propostos por Darling-Hammond (1999), Goldhaber & Brewer (1999) e Darling-Hammond & Ball (1999). Destaque-se que os métodos econométricos somente permitem estudar modelos teóricos de desempenho discente com um único produto e que o seu emprego cumpre duas finalidades principais: (i) identificar uma fronteira de produção que, do ponto de vista estatístico, associe significativamente desempenho discente a trabalho docente e (ii) medir o impacto dos atributos do trabalho docente no único produto considerado. No primeiro caso, os métodos estocásticos são empregados para selecionar a função de produção que melhor se ajuste aos dados observados, enquanto que, no segundo caso, uma forma funcional da função de produção é pré-definida e objetiva-se medir a magnitude do impacto de variações de insumos no único produto.

A análise multinível constitui-se no principal método aplicado a modelos de escola eficaz, tendo sido usada por Goldstein (1997) para estudar o desempenho discente em escolas modeladas com estrutura multinível. Em termos sucintos, esse método relaciona um único produto a fatores representativos de diferentes níveis da escola ou do sistema educacional. Em um modelo bastante simples, o escore de uma turma de alunos é explicado pela soma de um efeito-escola com um efeito-aluno, afetados por erros aleatórios. A escola não influencia significativamente o desempenho discente, quando a variância do efeito-escola for pequena



---

em relação à variância total do modelo. A análise multinível, contudo, tem como principal limitação a exigência de ser considerado um único produto, a semelhança dos modelos econométricos.

Mais recentemente, a análise envoltória de dados tem sido aplicada a modelos com múltiplos insumos e múltiplos produtos, para estudar o desempenho produtivo de escolas e sistemas de ensino. No Brasil, o emprego da análise envoltória de dados na avaliação de desempenho de instituições educacionais iniciou-se na década de noventa. Moita(1996) usou DEA para avaliar a eficiência de um grupo de escolas na cidade de Rio Grande, no Estado do Rio Grande do Sul. Lapa & Neiva (1996), Belloni (2000) e Façanha & Marinho (2001) usaram DEA na avaliação do desempenho de universidades brasileiras. Lopes (1998), Nunes (1998) e Abel (2000) utilizaram DEA para avaliar o desempenho de departamentos acadêmicos de universidades brasileiras. Portela & Thanassoulis (2001) usaram DEA para avaliar a influência da turma, da escola e do tipo de escola, sobre o desempenho dos alunos britânicos.

A análise envoltória de dados tem como origem o trabalho pioneiro de Farrell (1957) que, segundo Forsund (1999) estabelece, sob dois aspectos, os fundamentos de uma nova abordagem sobre produtividade e eficiência: (i) definir eficiência e produtividade em um contexto de múltiplos insumos e múltiplos produtos; e (ii) construir tecnologias empíricas e definir medidas de eficiência para esse contexto.

O método DEA, que se baseia em programação linear, constrói uma fronteira de eficiência. Teoricamente, a fronteira de eficiência determina relações ótimas, do ponto de vista produtivo, nas linhas de conceito de eficiência segundo as quais (Lovell, 1993, p.10):

Um produtor é tecnicamente eficiente se um aumento de qualquer produto requer a redução de pelo menos outro produto, ou o aumento de pelo menos um insumo e se a redução de um insumo

---

requer o aumento de pelo menos outro insumo, ou a redução de pelo menos um produto..

Na literatura econômica, essa definição é conhecida como eficiência segundo Pareto-Koopmans, em referência à Koopmans (1951), que adaptou o conceito de eficiência de Pareto para fundamentar a construção de um modelo de produção voltado para a análise da eficiência alocativa, isto é, de um modelo de produção sob a perspectiva da administração dos recursos.<sup>10</sup>

A análise envoltória de dados constrói fronteiras de eficiência que associam múltiplos insumos a múltiplos produtos, não requerendo o conhecimento dos preços de mercado dos insumos e dos produtos, nem a fixação *a priori* de uma escala de pesos relativos. Ademais, a DEA não exige a escolha de uma forma funcional para a fronteira de produção. Por essas razões, esse método foi usado nesta tese, uma vez que os métodos mais tradicionais somente possibilitam operacionalizar modelos insumo-produto que consideram um único produto ou, alternativamente, que exigem o conhecimento dos preços de mercado ou a fixação prévia dos pesos relativos; condições que dificilmente podem ser cumpridas nas representações do setor educacional.

Os modelos DEA são determinísticos, uma vez que sua teoria não exige um suporte estatístico. (Lovell, 1993). Segundo Simar (1995), o termo determinístico é empregado, comumente, para referir-se à restrição de erros aleatórios de observação não serem considerados na modelagem. Condição, essa, que assegura todas as observações localizarem-se do mesmo lado da fronteira de eficiência construída.

Os modelos DEA são, também, não-paramétricos, uma vez que eles não estimam a fronteira de eficiência do setor, mas somente provêem estimativa da medida de eficiência de cada observação.

---

<sup>10</sup> A definição original de Koopmans é a seguinte: "An attainable set of commodity flows, as well as any set of activity levels giving rising to it, is called *efficient* if there is no other attainable set of commodity flows in which all flows are at least as large as the corresponding flows in the original set, while at least one is actually larger."(p.460)

---

A análise envoltória de dados avalia eficiência relativa e, portanto, os seus resultados são sensíveis à presença de observações excepcionais (*outliers*). Thanassoulis & Simpson (1999) e Thanassoulis & Portela (2001) propuseram métodos para controlar a influência de tais observações ajustando a fronteira de eficiência de modo que ela reflita padrões de desempenho considerados representativos do meio ambiente observado. Por exemplo, para Thanassoulis & Portela (2001), a fronteira é representativa se contiver, pelo menos, 10% das observações.

Pastor; Ruiz; Sirvent (1999) propuseram a adoção de métodos estatísticos para detectar as observações de maior influência na definição da fronteira DEA, considerando que as medidas DEA podem ser interpretadas como variáveis aleatórias distribuídas segundo uma determinada função de probabilidade. Para esses autores, uma observação é considerada influente quando ela provoca, nos escores de eficiência das demais observações, uma variação superior a um limite arbitrado como aceitável. Esse procedimento, porém, requer grande esforço computacional, pois corresponde a uma seqüência de testes estatísticos para comparar as distribuições das medidas de aplicações DEA, excluindo-se de cada aplicação apenas uma das observações: aquela cuja influência está sendo verificada.

Destaque-se que, apesar das diferenças, os dois métodos, acima descritos, baseiam-se em critérios arbitrários. O primeiro, ao estabelecer o que é um desempenho representativo, e o segundo, ao definir o que é uma variação aceitável nos escores de eficiência. A vantagem do primeiro método é que ele baseia-se no conhecimento do pesquisador sobre o assunto investigado e a vantagem do segundo é seu rigor estatístico. Porém, ambos convergem quanto ao objetivo de assegurar a construção de uma fronteira representativa do conjunto de observações incluídas na análise, pois, na prática é o pesquisador que define o que é representativo ou não. Por sua simplicidade operacional, optou-se, nesta pesquisa por empregar o método de Thanassoulis & Portela (2001); e de

adotar o critério empregado por esses autores de uma fronteira ser considerada representativa quando ela tiver 10% das observações.

O emprego da DEA consolidou-se em avaliações de desempenho de escolas e universidades, porque nessas instituições de ensino há problemas no conhecimento dos preços ou no estabelecimento dos pesos relativos dos seus produtos e insumos, bem como é essencial que a avaliação da eficiência considere simultaneamente os múltiplos insumos e múltiplos produtos educacionais. Como o foco preferencial da análise envoltória de dados é a instituição e a avaliação realizada é relativa, requer-se que as instituições de comparação sejam homogêneas e semelhantes à instituição avaliada, segundo os insumos e produtos considerados na avaliação. No contexto DEA, as quantidades de insumos e produtos são representadas por vetores chamados planos de operação, que são os elementos básicos para a construção das fronteiras de eficiência. (Lovell, 1993). O Apêndice D descreve vários modelos DEA encontrados na literatura e descreve suas propriedades e limitações. O embasamento teórico desses modelos encontra-se detalhadamente discutido em Färe; Shawna; Lovell (1994), Cooper; Seiford; Kaoru (2000), Coelli; Rao; Battese (1998), Fried; Lovell; Schmidt (1993), Estellita & Meza (2000), Charnes; Cooper; Lewin et alii (1996). Dentre esses modelos optou-se, nesta pesquisa, pelo modelo DEA-BCC, tendo em vista que ele assume retornos variáveis de escala, característica de vários atributos do trabalho docente como visto anteriormente.

Há vários pacotes computacionais disponíveis no mercado, que executam a análise envoltória de dados. Nesta tese utilizou-se o software Efficiency Measurement System versão 1.3 (Scheel, 2001).

### **3.2. O Modelo DEA-BCC**

Interpretando-se um modelo DEA no contexto educacional considere um conjunto de  $K$  professores, cujo desempenho será avaliado em relação a  $N$  insumos do trabalho docente representados pelo vetor  $X = [x_1 \dots, x_N]$  e  $M$  produtos do desempenho discente, representados pelo vetor  $U = [u_1 \dots, u_M]$ . Designe-se por  $[U_k, X_k]$  o plano de operação de um desses professores e por  $[U_o, X_o]$  o plano de operação do professor cujo desempenho está sendo avaliado. Assim, os planos de operação  $[U_k, X_k]$ , representam os professores utilizados como referência, para avaliar o desempenho produtivo almejado pelo professor representado por  $[U_o, X_o]$ .

A análise envoltória de dados aplicada ao conjunto de vetores  $[U_k, X_k]$  determina o escore de eficiência do professor representado por  $[U_o, X_o]$ . Esse escore indica o desempenho do professor  $[U_o, X_o]$  relativamente aos melhores desempenhos observados. O estudo desse indicador e de resultados complementares da aplicação DEA possibilitam identificar possíveis causas do professor  $[U_o, X_o]$  ter um desempenho produtivo inferior a alguns professores  $[U_k, X_k]$ . Ademais, o estudo simultâneo dos resultados da aplicação DEA de todos os professores  $[U_k, X_k]$  permite identificar as melhores práticas de ensino observadas e gerar informações sobre o impacto dos diferentes insumos escolares, no desempenho discente.

Matematicamente o modelo DEA-BCC, em sua forma de envoltória, tem a seguinte representação.

Modelo BCC: forma da envoltória.

$$\max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} \quad q_0 = \phi + \varepsilon \sum_{j=1}^M s_j^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^N s_i^- \quad (1)$$

s.r.

$$\phi u_{oj} - (\sum_{k=1}^K \lambda_k u_{kj}) + s_j^+ = 0$$

$$(\sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ki}) + s_i^- = x_{oi}$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k, s_j^+, s_i^- \geq 0.$$

Esse problema de maximização é resolvido uma vez para cada professor, que, em cada aplicação DEA, é representado pelo vetor  $[U_o, X_o]$ . O valor ótimo de  $\phi$ , indicado por  $\phi^*$ , representa a maior expansão equiproporcional possível da produção  $U_o$  e, portanto, indica o aumento do desempenho discente que poderia ser alcançado, em função do nível de qualificação docente do professor, do meio ambiente de sua escola e do suporte de suas famílias. Quando  $q_0^* = 1$ , o professor é eficaz porque a sua turma, comparativamente às demais, conseguiu o melhor desempenho observado que poderia alcançar. Quando  $q_0^* < 1$ , o professor não é eficaz, pois sua turma poderia ter alcançado um desempenho melhor.

As folgas de produtos  $s_j^+$  indicam mudanças na orientação do ensino, que acarretam melhoria no desempenho discente, como, por exemplo, mudando a prática de ensino, por alterar os enfoques dados às matéria. Por sua vez os excessos de insumos  $s_j^-$  indicam desbalanceamentos no trabalho docente, que estejam limitando o desempenho discente, como, por exemplo infra-estrutura escolar aquém da qualificação docente. A análise do escore de eficiência, das folgas de produtos e dos excessos de insumos, associados a cada professor  $[U_o, X_o]$ , permite orientar a elaboração de planos de qualificação docente e de melhoria do clima da escola, com vistas ao aumento do nível do desempenho discente, em toda rede escolar.

Por sua vez os parâmetros  $\lambda_k$  permitem determinar o maior desempenho produtivo que o professor  $[U_o, X_o]$  pode alcançar, bem como ações que aumentem a eficácia de sua prática pedagógica.

A forma da envoltória do modelo BCC é um problema de programação linear, cujo dual é a forma dos multiplicadores apresentada a seguir.

Modelo BCC: problema dos multiplicadores.

$$\text{Min}_{\mu, \nu, \alpha_o} q_0 = \sum_{i=1}^N \nu_i X_{oi} + \alpha_o \quad (2)$$

s.r.

$$\sum_{j=1}^M \mu_j U_{oj} = 1$$

$$-\sum_{j=1}^M \mu_j u_{kj} + \sum_{i=1}^N v_i x_{ki} + \alpha_0 \geq 0$$

$$\mu_j \geq \varepsilon^{11}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

As variáveis  $v_i$  representam, do ponto de vista econômico, taxas de substituição de insumos, que, no contexto educacional desta pesquisa, indicam a proporcionalidade entre os reflexos dos atributos do trabalho docente no desempenho discente, permitindo, por exemplo, verificar se uma atividade de aperfeiçoamento da qualificação do professor é mais eficaz do que uma ação de melhoria no clima da escola. De modo semelhante, as variáveis  $\mu_j$  representam, do ponto de vista econômico, taxas de troca entre os produtos, que, no contexto educacional desta pesquisa, indicam a ênfase que o professor está dando aos atributos do desempenho discente, como, por exemplo, se o professor está dando maior importância a ciências do que a português.

O modelo DEA-BCC em sua forma original, acima apresentada, contempla apenas insumos e produtos controláveis, e, portanto, precisa ser adaptado antes de ser aplicado ao setor educacional, onde há atributos do trabalho docente não-controláveis, como ocorre com o **meio-ambiente**. Banker & Morey (1986) foram os primeiros a reconhecer a forma inadequada de tratar de modo igual fatores controlados e não-controlados. O modelo BCC adaptado para essa condição está descrito abaixo, onde o conjunto de restrições  $(\sum_{k=1}^K \lambda_k z_{kt}) = z_{t0}$  corresponde aos atributos não-controlados.

$$\max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} q_0 = \phi + \varepsilon \sum_{j=1}^M s_j^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^N s_i^- \quad (1)$$

<sup>11</sup>  $\varepsilon$  é um infinitesimal não arquimediano, isto é, um número positivo menor que qualquer número positivo.

s.r.

$$\phi u_{oj} - (\sum_{k=1}^K \lambda_k u_{kj}) + s_j^+ = 0$$

$$(\sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ki}) + s_i^- = x_{oi}$$

$$(\sum_{k=1}^K \lambda_k z_{kt}) = z_{to}$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k, s_j^+, s_i^- \geq 0.$$

Em função da restrição  $(\sum_{k=1}^K \lambda_k z_{kt}) = z_{to}$ , o desempenho produtivo do professor é calculado relativamente ao subconjunto de professores que trabalham em turmas com ambientes familiares semelhantes. Do mesmo modo, outra restrição desse tipo precisaria ser incluída, caso fosse considerado outro fator não controlado, o que terminaria por fragmentar as observações em vários grupos com reduzido número de professores.

Os modelos de múltiplos estágios, que incorporam variáveis não-controladas e que associam diferentes métodos, apresentam-se como alternativas ao modelo de Banker & Morey (1986). Modelos de dois estágios, como os de Bradhan; Cooper; Khumbhakar (1998), Banker & Natarajan (2002) e Lovell; Walters; Wood (1996), combinam uma aplicação da DEA, usada para gerar uma medida de eficiência técnica, com a construção de uma função de produção estimada por métodos econométricos, usada para explicar as variações nos escores de eficiência DEA decorrentes de variáveis não incorporadas no modelo DEA.

Modelos de três estágios, como os usados por Ruggiero (1998) e Fried; Lovell; Schmidt et alii (2002), combinam uma aplicação DEA, uma aplicação de métodos econométricos e uma segunda aplicação DEA. A aplicação DEA, no primeiro estágio, constrói uma fronteira de eficiência a partir de variáveis controladas pelos administradores. No segundo estágio, uma função de produção estimada por métodos econométricos é usada para isolar e quantificar o efeito, nos escores de eficiência DEA, de variáveis não incluídas no primeiro estágio. No terceiro estágio, uma nova



---

aplicação DEA é realizada com os dados originais corrigidos pelos resultados do método econométrico e, portanto, expurgados dos efeitos das variáveis não-controladas consideradas no segundo estágio. A finalidade desses modelos é analisar o impacto, na eficiência, das variáveis que não foram incluídas no primeiro estágio, quer por elas não serem controladas pelos administradores, quer por elas serem importantes para a tomada de decisão

Dentro dessa perspectiva de modelos com múltiplos estágios adota-se, como alternativa ao modelo de Banker & Morey (1986), o uso do modelo DEA-BCC, num primeiro estágio, e a aplicação de testes estatísticos de hipóteses, num segundo estágio. No primeiro estágio, os escores do modelo DEA-BCC são utilizados para identificar os professores eficazes e conseqüentemente, os professores não-eficazes. Nesta etapa, o desempenho produtivo do professor incorpora a influência das variáveis não-controladas, como a escolaridade dos pais.

No segundo estágio emprega-se o Teste Exato de Fisher, ou o Teste do  $\chi^2$  para verificar se o desempenho produtivo dos professores e a escolaridade dos pais estão associados. Também, no segundo estágio, faz-se uso dos testes entre duas proporções e do teste t de Student para verificação de hipóteses sobre o desempenho produtivo dos professores.

O emprego de testes de hipóteses justifica-se porque não há a intenção de mensurar a magnitude do impacto das variáveis não-controladas no desempenho produtivo do professor. Para realização desses testes adotou-se o nível de significância de 5%, por ser o mais usual (Lane, 2001).

### **3.3. O Modelo de Avaliação de Desempenho Discente**

---

Esta seção descreve a aplicação da Metodologia ao Modelo Quantitativo de Desempenho Discente descrito no contexto da análise envoltória de dados e a forma como ela é empregada na construção da Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior, da Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior, bem como da fronteira de eficiência virtual de todos os professores, a Fronteira Global. Adicionalmente, é descrito o uso dos testes estatísticos na validação das fronteiras construídas configurando-se, assim, o Modelo de Avaliação de Desempenho Discente, que será aplicado na parte empírica.

Represente-se um professor pelo plano de operação  $[U; X; A]$ , que associa o desempenho discente  $U$  à **qualificação docente**  $X$  e ao **meio ambiente**  $A$ . Esse plano de operação pode ser descrito como  $[DD; QD; CE]$ , no qual  $DD$  é o vetor que representa o desempenho discente,  $QD$  é o vetor que representa a qualificação docente,  $CE$  é o vetor que representa o **clima da escola**. O vetor que representa o **ambiente familiar** dos alunos integrantes da turma não faz parte do plano de operação. Portanto,  $DD$  é um vetor cujos componentes são os escores médios das turmas nos exames de avaliação educacional,  $QD$  é um vetor cujos componentes são nível de escolaridade, tempo de capacitação, tempo de experiência no magistério e vínculo empregatício;  $CE$  é um vetor cujo único componente é o salário do professor.

A Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior é composta de facetas formadas de planos de operação eficientes, isto é, de planos que representam professores eficazes, dados seu nível de qualificação docente, o clima da escola e o ambiente familiar. Essa Fronteira é considerada representativa do desempenho desses professores, quando o número de professores eficazes for superior a 10% do número total de professores com formação de nível superior, considerados na aplicação DEA. A análise da Fronteira gera subsídios para o estabelecimento de políticas de qualificação docente no curto prazo:

- (i) A comparação entre o plano observado e o plano fictício de cada turma de alunos identifica ações para o aperfeiçoamento da qualificação docente do professor responsável pela turma e para a melhoria do clima da escola onde estuda a turma; e,
- (ii) O estudo das facetas identifica orientações para o estabelecimento de programas de qualificação docente dos professores com formação de nível superior e de melhoria do clima da escola na rede escolar.

Cada faceta é caracterizada por professores que valorizam de forma semelhante os atributos do desempenho discente (isto é, os mesmos  $v_i$ ) e que valorizam, também, de forma semelhante os atributos do trabalho docente (isto é os mesmos  $\mu_j$ ). Ademais cada faceta é definida por professores eficazes, que são referências para os professores não-eficazes, que adotam valores semelhantes para os atributos do desempenho discente e do trabalho docente característicos da faceta. A cada professor não-eficaz é associado um professor fictício definido por um plano de operação fictício  $[DD_F; QD_F; CE_F]$ , que é uma combinação linear dos planos de operação eficientes, sendo, portanto também eficiente: por conseguinte, todo professor fictício é eficaz e tem como referência um grupo de professores eficazes observados.

Para cada professor, a diferença entre o plano observado  $[DD; QD; CE]$  e o correspondente plano fictício  $[DD_F; QD_F; CE_F]$  é dado pelo vetor  $[\Delta DD; \Delta QD; \Delta CE]$ . No curto prazo, o componente  $\Delta DD$  permite identificar eventuais desequilíbrios na atuação multidisciplinar do professor; o componente  $\Delta QD$  possibilita identificar deficiências da qualificação docente do professor; e o componente  $\Delta CE$ , fatores de insatisfação relacionados ao clima da escola.

Visto que a qualificação docente tem como atributos a **escolaridade**, o **treinamento**, a **experiência** e a **habilitação**, o componente  $\Delta QD$  decompõe-se em  $[\Delta ESC; \Delta CAP; \Delta EXP; \Delta HAB]$ , onde ESC é o nível de

---

escolaridade, CAP é o tempo de treinamento, EXP é o tempo de experiência no magistério e HAB é o tipo de vínculo empregatício do professor. No curto prazo  $\Delta ESC=0$ , pois a mudança do nível de escolaridade do professor é uma atividade de longo prazo. O sub-componente  $\Delta CAP$  indica as necessidades de treinamento do professor,  $\Delta EXP$  sugere a conveniência de ser estudada a realocação do professor para uma turma onde a sua experiência é necessária, e  $\Delta HAB$  indica a necessidade de estímulos para aumentar o comprometimento profissional do professor com o ensino.

As diferenças entre os planos observado e fictício incorporam, implicitamente, o efeito do ambiente familiar sobre o desempenho produtivo do professor. Para verificar se esse efeito é significativo, ou não, empregam-se os testes estatísticos de hipóteses, acima indicados.

Os professores de uma dada faceta são reconhecidos por terem os mesmos  $v_i$  e  $\mu_j$ , pois eles valorizam de forma semelhante os atributos do desempenho discente e os atributos do trabalho docente. Para cada faceta, o estudo comparativo dos  $\mu_j$  permite a identificação de subsídios para o estabelecimento de programas de qualificação docente e de melhoria do clima da escola, uma vez que os  $\mu_j$ , do ponto de vista econômico, representam as taxas de substituição entre os atributos do trabalho docente. Do mesmo modo, o estudo comparativo dos  $v_i$  permite a identificação de subsídios para o estabelecimento de programas de capacitação, para professores associados a cada faceta, direcionados para reforçar a qualificação dos professores no ensino nas matérias em que suas turmas tiveram um desempenho relativamente pior do que as outras turmas da rede escolar.

De modo equivalente é construída e analisada a fronteira dos professores sem formação de nível superior.

A união de todos os planos de operação eficazes e de todos os planos fictícios define um conjunto de planos virtuais, que podem representar

---

professores virtuais. Análise envoltória de dados aplicada a esse conjunto de planos de operação virtuais gera uma fronteira de eficiência virtual, aqui denominada de Fronteira Global, que é definida por professores virtuais eficazes, alguns com formação de nível superior e outros sem formação de nível superior.

A associação entre o nível de escolaridade do professor e seu desempenho produtivo é verificada através de um teste de proporção, que compara o número de professores virtuais eficazes com formação de nível superior, relativizado pelo número total de professores com formação de nível superior, com o número de professores virtuais eficazes sem nível superior, relativizado pelo número total de professores sem formação de nível superior. Além da composição da Fronteira Global verifica-se, também, a distribuição dos professores não-eficazes segundo seu nível de escolaridade, relativamente à Fronteira Global, comparando-se seus desempenhos produtivos, aplicando-se o teste t de Student.

## **4. APLICAÇÃO DO MODELO AOS DADOS DO SAEB/97**

Este capítulo trata da aplicação do Modelo de Avaliação do Desempenho Discente aos dados do SAEB/97 sobre professores e suas respectivas turmas da 4ª série do ensino fundamental de escolas públicas e privadas da Região Sul.

### **4.1. Os dados**

Os dados empregados no modelo empírico referem-se à pesquisa do SAEB de 1997, elaborada pelo Instituto de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) e correspondem à Região Sul.

O SAEB avalia o sistema nacional de ensino básico, aplicando exames em amostras de alunos da 4ª e da 8ª séries do ensino fundamental e da 3ª série do ensino médio, representativas do país e das unidades da federação. Além de medidas do desempenho discente, o SAEB coleta informações sobre características socioeconômicas, culturais e comportamentais em relação aos estudos dos alunos, informações sobre o perfil e práticas pedagógicas dos professores, informações sobre o perfil e práticas administrativas dos diretores e, ainda, informações sobre as características físicas das escolas.

A pesquisa de 1997 foi realizada no período de 27 a 31 de outubro, abrangendo, no país, 167.196 alunos de 1933 escolas públicas e privadas. Da 4ª série participaram 70.445 alunos, 12.544 turmas, 2.516 professores e 1.028 diretores.

Na Região Sul, os exames do SAEB, para alunos da 4ª série, foram realizados em 86 escolas e aplicados a 262 turmas. O banco de dados correspondente registra que 2.374 alunos realizaram o exame de

proficiência em ciências, que 2.371 realizaram o exame de matemática, e que 2.384 o de português. O exame de português foi aplicado a 261 turmas, o de matemática também a 261 turmas, e o de ciências a 260 turmas. Os números médios de alunos nas turmas de português, de matemática e de ciências foram 9,13 , 9,08 , e 9,13, respectivamente; os números máximo, mínimo e modal de alunos nas turmas de matemática e de ciências foram 15, 2 e 10, enquanto que nas turmas de português foram 16, 2 e 11. Dessas turmas, 117 tinham o mesmo professor lecionando as três disciplinas e que, por isso, se constituem nas unidades de análise do Modelo de Avaliação. Esses professores foram identificados cruzando-se informações do questionário do professor sobre sexo, idade, nível de escolaridade, tempo de trabalho no magistério, tempo de trabalho na escola, carga horária semanal e salário bruto. Nesse grupo de 117 professores, 50 têm formação de nível superior e 67, não.

## 4.2. As variáveis

As variáveis do Modelo Quantitativo de Desempenho Discente e suas medidas, quanto ao desempenho discente são as seguintes:

**CIE** = o escore médio da turma no exame de proficiência em ciências.

**MAT** = o escore médio da turma no exame de proficiência em matemática.

**POR** = o escore médio da turma no exame de proficiência em português.

O desempenho nos exames do SAEB de 1997 foi avaliado pelas seguintes escalas: nas disciplinas de português e ciências os escores

variaram entre o mínimo de 100 e o máximo de 400 e, em matemática, os escores variaram entre o mínimo de 175 e o máximo de 400.<sup>12</sup>

As variáveis representativas dos atributos de qualificação docente e suas medidas são as seguintes:

**ESC** = o nível de escolaridade completa do professor. É uma variável categórica que classifica os professores em dois grupos: aqueles com formação de nível superior e aqueles sem formação de nível superior;

**EXP** = número de anos de experiência no magistério;

**CAP** = total de horas-aula dos cursos de capacitação, de treinamento ou de atualização freqüentados no triênio 95-97;

**HAB** = tipo de regime contratual do professor.

A medida de **ESC** foi elaborada a partir das seguintes alternativas apresentadas no questionário do professor: (a) nenhum; (b) ensino fundamental – 4ª série; (c) ensino fundamental – 8ª série; (d) ensino médio – magistério; (e) ensino médio – outros; (f) superior – licenciatura; (g) superior – outros; (h) pós-graduação.

A medida de **EXP** foi obtida a partir das alternativas: (a) menos de um ano; (b) de um a dois anos; (c) de três a cinco anos; (d) de seis a dez anos; (e) de onze a quinze anos; (f) de vinte e um a vinte e cinco anos; (g) mais de vinte e cinco anos. No cálculo da variável utilizou-se o ponto médio de cada intervalo, com exceção da última alternativa, para a qual utilizou-se o valor vinte e sete.

A medida de **CAP** foi definida a partir das seguintes opções de respostas: (a) menos de vinte horas; (b) de vinte a quarenta horas; (c) de quarenta e uma a sessenta horas; (d) de sessenta e uma a oitenta horas; (e) de oitenta e uma a cento e vinte horas; (f) de cento e vinte uma a cento e oitenta horas; (g) mais de cento e oitenta horas. No cálculo da variável utilizou-se o ponto médio de cada intervalo; para a última opção empregou-se o valor duzentos e dez horas.

---

<sup>12</sup> Para maiores detalhes sobre a técnica estatística do SAEB e a construção das escalas deve-se consultar o relatório do SAEB de 1997, disponível no site: [www.inep.gov.br/SAEB](http://www.inep.gov.br/SAEB).



A medida de **HAB** é o tipo de regime contratual do professor. Todavia, essa informação não apresenta variação suficiente para ser usada como variável discriminadora na construção de fronteiras DEA. Por essa razão, não foi possível incluir na aplicação empírica uma variável para representar a habilitação do professor para o exercício do magistério.

As variáveis representativas do **meio ambiente** e suas medidas são:

**CE** = salário do professor;

**AF** = proporção de alunos, na turma, cujos pais têm escolaridade superior.

A medida selecionada para representar **CE**, que retrata o suporte ao trabalho docente é o salário do professor, expresso em reais. O salário médio foi calculado com base nas seguintes alternativas: (a) menos de cento e vinte reais; (b) de cento e vinte e um a duzentos e quarenta reais; (c) de duzentos e quarenta e um a trezentos e sessenta reais; (d) de trezentos e sessenta e um a quatrocentos e oitenta reais; (e) de quatrocentos e oitenta e um a oitocentos e quarenta reais; (f) de oitocentos e quarenta e um a um mil e duzentos reais; (g) de um mil e duzentos e um a um mil e oitocentos reais; (h) de um mil e oitocentos e um a dois mil e quatrocentos reais; (i) mais de dois mil e quatrocentos reais. No cálculo da variável utilizou-se o ponto médio de cada intervalo e o último valor foi arbitrado em três mil reais.

Por sua vez, a medida de **AF** foi definida a partir das seguintes opções, do questionário do aluno da 4<sup>a</sup> série, que se referiam, respectivamente, ao nível de escolaridade do pai e da mãe: (a) nunca freqüentou a escola; (b) ensino fundamental-1<sup>a</sup> à 4<sup>a</sup> série; (c) ensino fundamental – 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> série; (d) ensino médio; (e) superior; (f) pós-graduação; (g) não sei. A medida capta o maior nível de escolaridade entre os pais.

A medida de **AF** apresentou a seguinte limitação, proveniente, da forma como a informação sobre a escolaridade dos pais foi levantada. No banco de dados utilizado, 37,2% dos alunos das turmas ciências, em

média, responderam que não sabiam o nível de escolaridade do pai e, 28,8% responderam que não sabiam qual era a escolaridade da mãe. Entre os alunos das turmas de matemática essas proporções foram, respectivamente, de 35,0% e 28,5% e entre as turmas de português, de 36,0% e 28,7%. As médias nacionais, para o conjunto de alunos, foram, respectivamente, de 34,9% e 24,9%.

Outra medida considerada para representar o **ambiente familiar** foi a participação dos pais na educação dos filhos. Nesse sentido, estudou-se a medida: proporção, na turma, do número de alunos cujos pais participam de reuniões na escola, quando chamados. Optou-se por desconsiderar essa medida por não apresentar variabilidade suficiente. Por conseguinte, o Modelo de Avaliação foi construído considerando as variáveis **ESC**, **CAP**, **EXP** e **CE** como insumos controlados pelos administradores dos sistemas educacionais e **AF** como fator de contexto, ou insumo não-controlado.

Os professores das 117 turmas selecionadas foram agrupados da seguinte maneira:

**T2G** - grupo formado das 67 professores sem formação de nível superior.

**TSUP** - grupo formado das 50 professores com formação de nível superior.

**TGLOB** - grupo formado pelo conjunto dos 117 professores.

As limitações do SAEB-97 e as decorrentes da seleção das variáveis são as seguintes:

- Uma minoria de professores, cerca de 2% dos que têm formação de nível superior, declara ter licenciatura. Esse perfil contrasta com o perfil nacional, onde 26% dos professores com formação de nível superior declararam possuir licenciatura.
- Os questionários do SAEB não identificaram a formação específica dos professores que tem nível superior, nem o tipo da formação complementar de pós-graduação.

- As informações sobre a escolaridade dos pais foram prejudicadas pela elevada freqüência com que os alunos declaram ignorar qual seria a escolaridade do pai ou da mãe.
- As informações sobre o total de horas-aula dos cursos de capacitação, treinamento ou atualização não foram cruzadas com as opiniões dos professores sobre as contribuições que os cursos freqüentados deram para a melhoria do trabalho em sala de aula. De toda forma, esse cruzamento não possibilitaria a identificação da carga horária de cada tipo de curso freqüentado pelo professor.

A declaração, por parte dos alunos, sobre a participação dos pais em reuniões da escola, mostrou-se um indicador pobre do suporte familiar. A elevada freqüência de respostas positivas pode não corresponder à realidade e sim ser uma demonstração de desejo das crianças. O ideal seria que questões dessa natureza fossem respondidas pelos pais, ou outros membros da família.

As Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 transcrevem resumos estatísticos desses três grupos.

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 observa-se que, em média, os professores com formação de nível superior recebem salários mais altos; a distribuição dos salários entre esses professores é menos desequilibrada; esses professores tiveram maior acesso a cursos de capacitação; e suas turmas de alunos apresentam melhor desempenho nos exames do SAEB/97.

TABELA 4.1. Estatísticas das variáveis no grupo de professores sem formação de nível superior

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 0,50  | 180,00  | 0,00 | 124,72 | 97,95  | 102,82 |
| QUARTIL 1    | 0,00   | 8,00  | 300,00  | 0,00 | 171,99 | 146,35 | 167,41 |
| MEDIANA      | 30,00  | 13,00 | 420,00  | 0,07 | 193,13 | 165,95 | 181,54 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 620,00  | 0,18 | 210,64 | 188,47 | 199,85 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 0,73 | 270,85 | 252,40 | 243,76 |
| MÉDIA        | 61,19  | 11,93 | 531,64  | 0,15 | 192,65 | 168,81 | 182,00 |
| DESV.PADR.   | 65,26  | 7,12  | 304,12  | 0,20 | 31,24  | 34,53  | 28,16  |

Fonte dos dados: Quadro A.1, Apêndice A.

TABELA 4.2. Estatísticas das variáveis no grupo de professores com formação de nível superior

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 3,00  | 180,00  | 0,00 | 160,30 | 140,75 | 145,48 |
| QUARTIL 1    | 15,00  | 8,00  | 420,00  | 0,04 | 185,61 | 159,36 | 176,33 |
| MEDIANA      | 50,00  | 13,00 | 660,00  | 0,08 | 195,36 | 177,44 | 188,92 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 1020,00 | 0,20 | 217,25 | 200,66 | 204,70 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 0,91 | 268,73 | 263,08 | 282,00 |
| MÉDIA        | 80,80  | 14,30 | 720,80  | 0,19 | 202,75 | 185,34 | 193,25 |
| DESV.PADR.   | 76,61  | 6,81  | 356,88  | 0,25 | 25,11  | 33,19  | 25,52  |

Fonte dos dados: Quadro A.2, Apêndice A.

TABELA 4.3. Estatísticas das variáveis no conjunto de todos os professores.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,50   | 0,50  | 180,00  | 0,00 | 124,72 | 97,95  | 102,82 |
| QUARTIL 1    | 10,00  | 8,00  | 420,00  | 0,03 | 178,58 | 153,04 | 172,09 |
| MEDIANA      | 50,00  | 13,00 | 620,00  | 0,07 | 194,52 | 170,63 | 186,29 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 620,00  | 0,19 | 212,40 | 192,46 | 200,95 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 0,91 | 270,85 | 263,08 | 282,00 |
| MÉDIA        | 69,57  | 12,94 | 612,48  | 0,17 | 196,97 | 175,88 | 186,81 |
| DESV.PADR.   | 70,49  | 7,25  | 339,49  | 0,22 | 29,10  | 34,80  | 27,52  |

Fonte dos dados: Quadros A.1 e A.2, Apêndice A.

O cálculo das fronteiras DEA requer que as variáveis atendam ao pressuposto básico da atividade produtiva de que maiores quantidades de produtos exigem maiores quantidades de insumos. A verificação desse pressuposto baseou-se na correlação entre insumos e produtos. As Tabelas 4.4 e 4.5 transcrevem os coeficientes de correlação linear simples entre os insumos e os produtos, para os grupos de professores sem e com formação de nível superior.

TABELA 4.4. Coeficientes de correlações entre as variáveis no grupo de professores sem formação de nível superior.

| Insumos x produtos | MAT   | POR   | CIE   |
|--------------------|-------|-------|-------|
| CAP                | 0,25  | 0,0   | 0,13  |
| EXP                | -0,06 | -0,07 | -0,06 |
| CE                 | 0,32  | 0,36  | 0,37  |

Fonte dos dados: Quadro A.1, Apêndice A.

TABELA 4.5. Coeficientes de correlações entre as variáveis no grupo de professores com formação de nível superior.

| Insumos x produtos | MAT   | POR   | CIE   |
|--------------------|-------|-------|-------|
| CAP                | 0,35  | 0,27  | 0,13  |
| EXP                | -0,01 | -0,01 | -0,06 |
| CE                 | 0,37  | 0,23  | 0,32  |

Fonte dos dados: Quadro A.2, Apêndice A.

A variável EXP foi excluída do conjunto dos insumos uma vez que seus coeficientes de correlação com as variáveis de produto MAT, POR e CIE são negativos e nulos: os dados observados dessas variáveis não foram usados para representar uma relação insumo-produto. Como os sinais das demais correlações são positivos, torna-se consistente do ponto de vista econômico a construção do Modelo de Avaliação com as variáveis MAT, POR e CIE representando produtos e as variáveis CAP e CE representando os insumos controlados pelos administradores dos sistemas educacionais. Credita-se a fraca correlação entre as variáveis, à natureza arbitrária das escalas usadas para medirem o desempenho discente, à falta de informações mais detalhadas sobre a natureza dos cursos de capacitação, sobre o tempo de experiência e sobre os salários.

O modelo DEA-BCC, orientado para a expansão da produção, nas suas formas do envelopamento e dos multiplicadores são apresentados a seguir. Nesses problemas, as variáveis SCAP, SCE, SMAT, SPOR e SCIE representam os excessos de insumos e as folgas de produtos; o número de turmas K corresponde a 67 para a construção da Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior; 50 para a construção da Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior; e 117 para a construção de Fronteira Global. Portanto, são construídas três fronteiras:

- Fronteira dos Professores sem Formação de Nível Superior;
- Fronteira dos Professores com Formação de Nível Superior;
- Fronteira Global.

**Problema do envelopamento.**

$$\text{Max}_{\phi, \lambda_k, \text{SCAP}, \text{SCE}, \text{SMAT}, \text{SPOR}, \text{SCIE}} p_0 = \phi + \varepsilon (\text{SCAP} + \text{SCE} + \text{SMAT} + \text{SPOR} + \text{SCIE})$$

s.r.

$$\sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k \text{capac} (\text{CAP}_k) + \text{SCAP} = \text{CAP}_0$$

$$\sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k \text{salar} (\text{CE}_k) + \text{SCE} = \text{CE}_0$$

$$\phi_0 \text{MAT}_0 - \sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k \text{mat} (\text{MAT}_k) + \text{SMAT} = 0$$

$$\phi_0 \text{POR}_0 - \sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k \text{por} (\text{POR}_i) + \text{SPOR} = 0$$

$$\phi \text{CIE}_0 - \sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k \text{cie} (\text{CIE}_i) + \text{SCIE} = 0$$

$$\sum_{k=1, \dots, K} \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0; \text{SCAP}, \text{SCE}, \text{SMAT}, \text{SPOR}, \text{SCIE} \geq 0.$$

$\varepsilon > 0$  não arquimediano.

**Problema dos multiplicadores.**

$$\text{Min}_{\mu, v, \alpha_0} q_0 = v_1 \text{CAP}_0 + v_2 \text{CE}_0 + \alpha_0 \quad \text{s.r.}$$

$$\mu_1 \text{MAT}_0 + \mu_2 \text{POR}_0 + \mu_3 \text{CIE}_0 = 1$$

$$v_1 \text{CAP}_k + v_2 \text{CE}_k - \mu_1 \text{MAT}_k - \mu_2 \text{POR}_k - \mu_3 \text{CIE}_k + \alpha_0 \geq 0; \forall k = 1, \dots, K.$$

$$\mu_j \geq \varepsilon; j=1, 2, 3 \quad v_i \geq \varepsilon, i=1, 2 \quad \alpha_0 \text{ é irrestrito.}$$

### 4.3. Qualificação docente e aumento do nível do desempenho discente no curto prazo

No curto prazo, o nível de escolaridade do professor é constante e o Modelo de Avaliação possibilita identificar alternativas eficazes para promover o aumento do nível do desempenho discente. Tais alternativas restringem-se à administração da oferta de cursos de capacitação e do clima da escola, enquanto fator de suporte ao trabalho docente.

Com os dados dos Quadros A.1 e A.2, do Apêndice A, foram construídas duas fronteiras de eficiência de curto prazo denominadas, respectivamente, de Fronteira dos Professores Sem formação de Nível Superior e Fronteira dos Professores Com Formação de nível Superior.

#### 4.3.1. A Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior

A Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior é formada pelas facetas e arestas, que contêm os 11 professores eficazes das turmas identificadas pelo seu número de ordem, representadas no Quadro 4.1. São duas facetas e quatro arestas representativas, para o conjunto dos professores não-eficazes e, uma aresta, a A5, que se destaca como um ponto isolado na fronteira.

A proporção de professores eficazes representa 16,42% do total de 67 professores sem formação de nível superior. Cada um desses professores constitui-se em uma referência, pelo seu desempenho produtivo, de combinações eficientes de atributos do trabalho docente, que resultam em práticas pedagógicas eficientes.

As duas últimas colunas do Quadro 4.2 apresentam dois indicadores da importância relativa de cada professor eficaz, enquanto modelo de conduta eficiente que deve ser reproduzida entre os professores não-eficazes. De acordo com esses indicadores, entre os professores eficazes sem formação de nível superior destacam-se como modelos de condutas eficientes, os professores das turmas 2G67, 2G37, 2G65, 2G59 e 2G11.

QUADRO 4.1. Facetas e arestas da Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior.

| FACETAS E ARESTAS | ORDEM DA TURMA EFICIENTE |
|-------------------|--------------------------|
| F1                | 2G23 2G37 2G59 2G67      |
| F2                | 2G11 2G37 2G65 2G67      |
| A1                | 2G4 2G23 2G37            |
| A2                | 2G29 2G37                |
| A3                | 2G3 2G23 2G37            |
| A4                | 2G62 2G67                |
| A5                | 2G58                     |

Fonte: Quadro B.1.2, Apêndice B.

QUADRO 4.2. Professores eficazes, freqüência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior.

| TURMAS EFICIENTES |          | ESCORE  | REFERÊNCIAS |                    |
|-------------------|----------|---------|-------------|--------------------|
| ORDEM             | TUR2G    | $Q_0^*$ | FREQU.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| 2G3               | 41129301 | 1       | 1           | 0,42               |
| 2G4               | 41129501 | 1       | 4           | 1,03               |
| 2G11              | 42130802 | 1       | 11          | 4,04               |
| 2G23              | 43134805 | 1       | 7           | 2,55               |
| 2G29              | 43134804 | 1       | 1           | 0,71               |
| 2G37              | 42131401 | 1       | 21          | 9,67               |
| 2G58              | 41215603 | 1       | 0           | 0,00               |
| 2G59              | 43134402 | 1       | 12          | 9,28               |
| 2G62              | 41215601 | 1       | 1           | 0,45               |
| 2G65              | 42130502 | 1       | 18          | 7,22               |
| 2G67              | 42130503 | 1       | 28          | 19,17              |

Fonte dos dados: Quadro B.1.2, Apêndice B.

As Tabelas 4.6 e 4.7 apresentam um resumo estatístico das variáveis no grupo de professores eficazes e no grupo de professores não-eficazes. Essas Tabelas visam destacar as dotações de atributos de qualificação docente dos professores eficazes e não-eficazes, as condições de suporte ao trabalho docente e o nível de desempenho discente nas turmas desses professores.



Através das estatísticas descritivas, apresentadas nas Tabelas 4.6 e 4.7, verifica-se que os professores eficazes combinam, de forma igualmente eficiente, diferentes dotações de atributos de qualificação docente sob diferentes condições de suporte ao trabalho docente. Por outro lado, os professores não-eficazes, apesar de receberem salários mais elevados e de terem tido maior acesso a cursos de capacitação, não conseguiram reverter essa maior dotação de atributos em aumento do nível do desempenho discente. As diferenças nos níveis de desempenho entre as turmas dos professores eficazes e dos professores não-eficazes são acentuadas. Em matemática e português, os desempenhos médios das turmas dos professores não-eficazes são 20% inferiores ao das turmas dos professores eficazes e, em ciências, é 17% menor.

TABELA 4.6. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores eficazes sem formação de nível superior.

| ESTATÍSTICAS | CAP   | EXP   | CE     | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|-------|-------|--------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00  | 3,00  | 180,00 | 0,00 | 194,52 | 128,65 | 180,10 |
| QUARTIL 1    | 0,00  | 8,00  | 180,00 | 0,02 | 201,26 | 175,03 | 188,66 |
| MEDIANA      | 30,00 | 8,00  | 300,00 | 0,08 | 217,31 | 188,63 | 206,32 |
| QUARTIL 3    | 70,00 | 18,00 | 1020,0 | 0,50 | 261,90 | 240,17 | 236,24 |
| MÁXIMO       | 160,0 | 23,00 | 1500,0 | 0,73 | 270,85 | 252,40 | 243,76 |
| MÉDIA        | 47,27 | 10,27 | 587,27 | 0,27 | 228,70 | 201,95 | 211,29 |
| DESV PADR.   | 49,41 | 6,47  | 526,06 | 0,29 | 28,93  | 41,41  | 23,15  |

Fonte dos dados: Quadro A.1, Apêndice A.

TABELA 4.7. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores não-eficazes sem formação de nível superior.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 0,50  | 180,00  | 0,00 | 124,72 | 97,95  | 102,82 |
| QUARTIL 1    | 0,00   | 8,00  | 300,00  | 0,00 | 164,32 | 142,35 | 165,16 |
| MEDIANA      | 50,00  | 13,00 | 420,00  | 0,07 | 184,31 | 162,66 | 175,40 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 620,00  | 0,17 | 203,61 | 181,68 | 193,18 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1020,00 | 0,70 | 247,54 | 241,76 | 224,02 |
| MÉDIA        | 63,93  | 12,25 | 520,71  | 0,12 | 185,57 | 162,30 | 176,24 |
| DESV. PADR.  | 67,97  | 7,61  | 244,80  | 0,17 | 26,61  | 29,26  | 25,47  |

Fonte dos dados: Quadro A.1, Apêndice A.

Considerando-se o desempenho produtivo global dos professores sem formação de nível superior verifica-se, na Tabela 4.8, que metade desses professores apresentam um desempenho produtivo, no mínimo, 15% inferior aos melhores desempenhos observados, que são aqueles obtidos pelos professores eficazes. Por conseqüência, os professores não-eficazes apresentam um desempenho produtivo, em média, 22% menor do que o desempenho dos professores eficazes. (Ver Quadro B.1.2, Apêndice B, Estatísticas).

TABELA 4.8. Estatística dos escores de eficiência relativos à Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior.

| ESTATÍSTICAS | ESCORES |
|--------------|---------|
| MÍNIMO       | 1,000   |
| MÁXIMO       | 1,991   |
| MÉDIA        | 1,185   |
| DESV. PAD.   | 0,184   |
| MEDIANA      | 1,154   |
| QUARTIL 1    | 1,046   |
| QUARTIL 3    | 1,244   |

Fonte: Quadros B.1.1 e B.1.2.

Para testar a hipótese do desempenho produtivo dos professores estar associado à escolaridade dos pais dos alunos, os professores eficazes e não-eficazes foram classificados em duas classes: professores com turmas, onde até 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior, e professores com turmas, onde mais de 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior. A primeira classe, agrega 6 professores eficazes e 51 professores não-eficazes; a segunda, 5 professores eficazes e 5 professores não-eficazes.

Aplicando-se o Teste Exato de Fisher às distribuições de freqüências observadas verificou-se que, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula de que o desempenho produtivo dos professores e a escolaridade dos pais não estão significativamente associadas. A probabilidade calculada foi igual a 0,0078. Conseqüentemente, aceita-se

a hipótese alternativa de que o desempenho produtivo dos professores sem formação de nível superior foi, significativamente, influenciado pela escolaridade dos pais.

Considerando-se as distribuições de frequência, acima descritas, percebe-se que os professores eficazes lecionam em turmas que se beneficiam de ambientes familiares mais favoráveis ao aprendizado. Por outro lado, os professores não-eficazes defrontam-se com condições menos favoráveis ao aprendizado.

O mesmo procedimento foi adotado para verificar a hipótese da experiência no magistério estar associada ao desempenho produtivo do professor, embora essa variável não tenha sido incluída no modelo DEA. Desse modo, os professores eficazes e não-eficazes foram classificados em duas categorias: professores com até três anos de experiência e professores com mais de três anos de experiência. Aplicando-se o Teste exato de Fisher verificou-se que a probabilidade de obter-se essa distribuição de frequência é de 0,5253; assim ao nível de significância de 5%, não é possível rejeitar a hipótese de que experiência no magistério e desempenho produtivo do professor não estão significativamente associados.

A seguir são identificadas, através do Modelo de Avaliação, alternativas para aumentar o nível de desempenho discente, nas turmas dos professores não-eficazes. As alternativas aqui consideradas restringem-se ao aumento da oferta de cursos de capacitação e ao aumento do suporte ao trabalho docente. Essas alternativas são formuladas com base nas relações entre os multiplicadores dos insumos e dos produtos do Modelo de Avaliação, registrados para os professores eficazes. Esses multiplicadores são identificados por  $\mu$  e  $\nu$  e as razões entre eles são apresentadas na Tabela 4.9.

TABELA 4.9. Relações entre os multiplicadores de insumos e produtos na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior.

| ESTATÍSTICA | $\mu_1/v_1$ | $\mu_1/v_2$ | $\mu_2/v_1$ | $\mu_2/v_2$ | $\mu_3/v_1$ | $\mu_3/v_2$ | $\mu_1/\mu_2$ | $\mu_1/\mu_3$ | $\mu_2/\mu_3$ |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| MÍNIMO      | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| MÁXIMO      | 26,50       | 2,75        | 9,03        | 3,23        | 55,64       | 7,49        | 5,57          | 57,29         | 14,33         |
| MÉDIA       | 3,03        | 0,52        | 1,25        | 0,63        | 6,61        | 1,92        | 1,41          | 6,57          | 2,87          |
| DESV.PADR.  | 8,80        | 0,83        | 3,00        | 0,96        | 18,40       | 2,58        | 2,35          | 19,03         | 4,97          |

Fonte: Quadro B.1.1.

Nota:  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , são respectivamente os multiplicadores dos produtos MAT, POR e CIE e  $v_1$ ,  $v_2$  são, respectivamente os multiplicadores dos insumos CAP e CE.

A razão  $\mu_1/v_1$  representa o aumento no nível de desempenho discente em matemática, que pode ser obtido com um aumento de 1% na oferta de cursos de capacitação. Por sua vez,  $\mu_1/v_2$  representa o aumento no nível de desempenho discente em matemática, que pode ser obtido com um aumento de 1% no salário. O mesmo raciocínio aplica-se às outras razões do tipo  $\mu_j/v_i$ .

Considerando-se os resultados da Tabela 4.9 verifica-se que, em média, um aumento de 1% na oferta de cursos de capacitação proporciona um aumento no nível do desempenho discente superior ao aumento proporcionado por um aumento de 1% no salário dos professores. Entretanto, igualmente observa-se na Tabela referida, que os valores médios das razões  $\mu_1/v_1$  e  $\mu_1/v_2$  são sensíveis às elevadas diferenças entre os valores máximo e mínimo, das razões respectivas. A origem dessas diferenças pode ser detectada no Quadro C.1, no Apêndice C, onde estão expostas as razões entre os multiplicadores, para as turmas situadas na fronteira de eficiência. Na turma 2G4, por exemplo, o elevado valor da razão  $\mu_1/v_1$  decorre do peso elevado que o desempenho discente em matemática teve na formação do escore de eficiência produtiva.

Tomando-se como referência apenas os professores eficazes mais representativos, conforme os indicadores do Quadro 4.2, verifica-se que

um aumento de 1% no salário do professor tem um impacto maior sobre o nível do desempenho discente, do que um aumento equivalente, na oferta de cursos de capacitação. Essas relações revelam que o clima da escola é o principal fator limitante do aumento do desempenho produtivo dos professores sem formação de nível superior, no curto prazo.

O papel limitante do clima da escola também pode ser observado através dos excessos de insumos do Modelo de Avaliação, representados por  $s_i$  no Quadro B.1.2, no Apêndice B. Nesse Quadro, verificam-se excessos na variável CE, para apenas 0,04% dos professores não-eficazes contra 39%, na variável CAP. Portanto, tanto as relações entre os multiplicadores, como a frequência dos excessos em CE e CAP indicam que a melhor alternativa para aumentar o nível do desempenho discente é via melhoria do clima da escola. Isso decorre da condição de serem consideradas separadamente as duas alternativas de intervir: via clima da escola, ou via capacitação. No entanto, os multiplicadores do Modelo de Avaliação, refletem condições interdependentes. Por isso, considera-se que o clima da escola é o principal fator limitante da qualificação dos professores sem formação de nível superior, pois, também restringe os benefícios potenciais da capacitação.

Ainda na Tabela 4.8, as razões  $\mu_1/\mu_2$ ,  $\mu_1/\mu_3$  e  $\mu_2/\mu_3$  revelam as principais características da atuação dos professores sem formação de nível superior eficazes, no ensino multidisciplinar. Tais características servem de referência, para determinar ações de qualificação docente e de melhoria do suporte ao trabalho docente dos professores não-eficazes. Nesse sentido, destaca-se que os professores eficazes valorizam mais o ensino de matemática, seguido do ensino de português e, com menor intensidade, o ensino de ciências. Isso significa que intervenções, no sentido de buscar maior equilíbrio na atuação multidisciplinar do professor sem formação de nível superior, devem privilegiar ações de capacitação em português e ciências.

Resumindo os principais resultados verificou-se que: o ambiente familiar afetou favoravelmente o desempenho produtivo dos professores não-eficazes; o meio mais eficaz de aumentar o nível do desempenho discente, no curto prazo, é incrementar o suporte ao trabalho docente ; e os professores sem formação de nível superior valorizam mais o ensino de matemática do que o ensino de português e ciências.

#### 4.3.2. A Fronteira de Eficiência dos Professores Com Formação de Nível Superior

A fronteira dos professores com formação de nível superior é formada pelas facetas F1 e F2 e pelas arestas A1 até A5, representadas no Quadro 4.3, que contêm os 11 professores eficazes das turmas indicadas pelos seus respectivos números de ordem. O número de professores eficazes corresponde a 22% do total de professores com formação de nível superior. O professor eficaz da turma SUP41, situado na aresta A5, destaca-se como elemento isolado na fronteira, pois não serve de referência para nenhum dos professores não-eficazes.

Considerando-se os indicadores das duas últimas colunas do Quadro 4.4, os professores eficazes que mais se destacam como modelos de condutas eficientes são os professores das turmas SUP37, SUP49, SUP31, SUP26 e SUP46.

Com base nos dados da Tabela 4.11 e 4.12 verifica-se que, os professores eficazes combinam de forma eficiente diferentes dotações de atributos de qualificação docente e diferentes condições de suporte ao trabalho docente. Esses professores apresentam salários inferiores ao dos professores não-eficazes e uma distribuição mais desigual no acesso

à capacitação. A experiência no magistério, por sua vez, está igualmente distribuída entre os professores eficazes e não-eficazes.

QUADRO 4.3. Facetas e arestas da Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior.

| FACETAS E ARESTAS | COMPOSIÇÃO              |
|-------------------|-------------------------|
| F1                | SUP20 SUP26 SUP31 SUP37 |
| F2                | SUP26 SUP31 SUP37 SUP46 |
| A1                | SUP5 SUP26 SUP33        |
| A2                | SUP5 SUP33              |
| A3                | SUP37 SUP49 SUP50       |
| A4                | SUP48 SUP49 SUP50       |
| A5                | SUP41                   |

Fonte: Quadro B.2.2.

QUADRO 4.4. Professores eficazes, freqüência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior.

| TURMAS |          | ESCORE | REFERÊNCIAS |                    |
|--------|----------|--------|-------------|--------------------|
| ORDEM  | TURSUP   | $Q_0$  | FREQU.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| SUP5   | 43134001 | 1      | 3           | 1,50               |
| SUP20  | 42131701 | 1      | 3           | 0,64               |
| SUP26  | 43134806 | 1      | 8           | 3,28               |
| SUP31  | 42218202 | 1      | 10          | 3,43               |
| SUP33  | 41129004 | 1      | 4           | 1,87               |
| SUP37  | 41128703 | 1      | 30          | 17,59              |
| SUP41  | 41128801 | 1      | 0           | 0,00               |
| SUP46  | 41215704 | 1      | 7           | 3,19               |
| SUP48  | 43220701 | 1      | 1           | 0,34               |
| SUP49  | 42130501 | 1      | 9           | 4,48               |
| SUP50  | 41215604 | 1      | 5           | 2,31               |

Fonte: Quadro B.2.2.

Ainda nas Tabelas 4.10 e 4.11 verifica-se que as turmas dos professores não-eficazes apresentam desempenho inferior ao das turmas dos professores eficazes: o escore médio é 11,08% menor em matemática; 15,62% inferior em português; e 13,21% inferior em ciências. Essas diferenças são menores do que as diferenças observadas entre as

turmas dos professores eficazes e não-eficazes, sem formação de nível superior.

TABELA 4.10. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores eficazes com formação de nível superior.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 8,00  | 180,00  | 0,00 | 170,51 | 142,87 | 174,09 |
| QUARTIL 1    | 0,00   | 8,00  | 300,00  | 0,08 | 199,73 | 174,05 | 188,69 |
| MEDIANA      | 30,00  | 13,00 | 620,00  | 0,20 | 224,65 | 220,33 | 209,71 |
| QUARTIL 3    | 160,00 | 18,00 | 820,00  | 0,78 | 241,18 | 236,89 | 238,20 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1020,00 | 0,91 | 268,73 | 263,08 | 282,00 |
| MÉDIA        | 69,09  | 14,27 | 630,91  | 0,37 | 221,93 | 211,06 | 215,45 |
| DESV. PADR.  | 85,61  | 6,54  | 296,16  | 0,34 | 28,89  | 40,17  | 31,15  |

Fonte dos dados: Quadro A.2, Apêndice A.

TABELA 4.11. Resumo estatístico das variáveis no grupo de professores não-eficazes com formação de nível superior.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 3,00  | 180,00  | 0,00 | 160,30 | 140,75 | 145,48 |
| QUARTIL 1    | 30,00  | 8,00  | 420,00  | 0,03 | 183,69 | 157,62 | 174,56 |
| MEDIANA      | 70,00  | 13,00 | 620,00  | 0,07 | 191,22 | 171,39 | 186,23 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 1020,00 | 0,16 | 209,07 | 192,46 | 200,50 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 0,73 | 249,09 | 252,65 | 235,31 |
| MÉDIA        | 84,10  | 14,31 | 746,15  | 0,15 | 197,34 | 178,09 | 186,99 |
| DESV. PADR.  | 74,75  | 6,96  | 371,69  | 0,19 | 21,37  | 27,38  | 20,04  |

Fonte dos dados: Quadro A.2, Apêndice A.

Considerando-se o desempenho produtivo global dos professores com formação de nível superior verifica-se, na Tabela 4.12, que tal desempenho é mais homogêneo entre esses professores, do que entre os professores sem formação de nível superior. Esta é uma característica facilitadora do planejamento de ações de qualificação docente, pois, quanto mais heterogêneo for o desempenho produtivo de um grupo de professores, maiores serão os custos envolvidos no planejamento de ações de qualificação docente, capazes de cobrir uma gama mais ampla de necessidades.



TABELA 4.12. Resumo estatístico dos escores relativos à Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior.

| ESTATÍSTICAS | ESCORES |
|--------------|---------|
| MÍNIMO       | 1,00    |
| MÁXIMO       | 1,43    |
| MÉDIA        | 1,12    |
| DESV. PAD.   | 0,11    |
| MEDIANA      | 1,10    |
| QUARTIL 1    | 1,01    |
| QUARTIL 3    | 1,19    |

Fonte: Quadros B.2.1 e B.2.2.

De modo diverso do que foi constatado para os professores sem formação de nível superior, a escolaridade dos pais não influenciou o desempenho produtivo dos professores com formação de nível superior. Para testar a independência entre a escolaridade dos pais e o desempenho produtivo dos professores com formação de nível superior, os professores eficazes e não eficazes foram classificados nas seguintes classes: professores com turmas, onde até 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior e professores com turmas, onde mais de 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior.

As distribuições de freqüências entre essas classes são as seguintes: 7 professores eficazes e 34 professores não-eficazes têm turmas onde até 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior e; 4 professores eficazes e 5 não-eficazes têm turmas onde mais 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior. Segundo o resultado para o Teste Exato de Fisher, a probabilidade da distribuição observada ocorrer é 0,0928 e segundo o nível de significância estipulado de 5%, não é possível rejeitar a hipótese de que, as diferenças nas distribuições de freqüência entre as classes se devem ao acaso. Ou seja, aceita-se a hipótese de que, o desempenho produtivo dos professores com formação de nível superior e a escolaridade dos pais dos alunos, não estão associados.

A seguir são identificadas através do Modelo de Avaliação, alternativas de política educacional, que conduzam a elevação do nível de desempenho discente nas turmas dos professores não-eficazes, à

semelhança do que foi feito para os professores sem formação de nível superior. As alternativas aqui consideradas restringem-se ao aumento da oferta de cursos de capacitação e ao aumento do suporte ao trabalho docente.

A Tabela 4.13 apresenta algumas estatísticas sobre as razões entre os multiplicadores  $\mu_j$  e  $v_i$ , que indicam os acréscimos nos produtos associados aos multiplicadores  $\mu_j$ , que podem ser obtidos pelo acréscimo de 1% na quantidade dos insumos associados aos multiplicadores  $v_i$ . Tomando-se como referência o valor médio das razões do tipo  $\mu_j/v_i$  observa-se que um aumento de 1% no valor da variável CE proporciona um aumento superior no desempenho discente em matemática, português e ciências, do que um aumento equivalente no valor da variável CAP. Isso também é verdadeiro quando são considerados, apenas, os professores eficazes mais referenciados pelos professores não-eficazes. Em outras palavras, os resultados mostram que a melhoria das condições de suporte ao trabalho docente teria maior impacto sobre a melhoria do desempenho discente do que um aumento na oferta de cursos de treinamento.

TABELA 4.13. Relações entre multiplicadores de insumos e produtos na Fronteira dos Professores com Formação de Nível Superior.

| ESTATÍSTICAS | $\mu_1/v_2$ | $\mu_2/v_1$ | $\mu_2/v_2$ | $\mu_3/v_1$ | $\mu_3/v_2$ | $\mu_1/\mu_2$ | $\mu_1/\mu_3$ | $\mu_2/\mu_3$ |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| MÍNIMO       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| MÁXIMO       | 2,69        | 2,42        | 3,70        | 1,58        | 5,92        | 2,10          | 14,99         | 1452,74       |
| MÉDIA        | 0,34        | 0,42        | 1,16        | 0,29        | 1,47        | 0,43          | 2,15          | 183,89        |
| DESV. PADR.  | 0,89        | 0,83        | 1,39        | 0,54        | 2,06        | 0,82          | 5,23          | 512,70        |

Fonte: Quadro B.2.1.

Nota:  $\mu_1 \mu_2 \mu_3$ , são respectivamente os multiplicadores dos produtos MAT, POR e CIE e  $v_1 v_2$  são, respectivamente os multiplicadores dos insumos CAP e CE.

Considerando-se os excessos nos insumos, apresentados no Quadro B.3.2, no Apêndice B, verifica-se que, também entre os professores com formação de nível superior, as condições de suporte ao trabalho docente são mais limitantes da melhoria do desempenho discente do que a

capacitação. Entre os professores não-eficazes, 26% deles registraram excessos no insumo CE e 41% registraram excessos no insumo CAP. Destaque-se, todavia, que as condições de suporte ao trabalho docente entre os professores com formação de nível superior são mais facilitadoras de intervenções destinadas a melhorar o nível do desempenho discente, do que as condições que vigoram entre os professores sem formação de nível superior.

As razões  $\mu_1/\mu_2$ ,  $\mu_1/\mu_3$  e  $\mu_2/\mu_3$ , na Tabela 4.13, revelam que os professores com formação de nível superior eficazes valorizam mais o ensino de português, seguido do ensino de matemática e do ensino de ciências. Sob o ponto de vista da atuação multidisciplinar, a dos professores com formação de nível superior é mais equilibrada do que a dos seus pares sem formação de nível superior. Ressalta-se que a superioridade, em matemática, das turmas dos professores sem formação de nível superior eficazes, que pode ser visualizada na Tabela 4.7, em parte, se deve à influência da escolaridade dos pais. Por sua vez, ao comparar-se as turmas dos professores não-eficazes, a superioridade das turmas dos professores com formação de nível superior é incontestável, nas três matérias consideradas.

Olhando-se o desempenho discente entre as turmas dos professores com formação de nível superior, não-eficazes, verifica-se que 28% dessas turmas requerem esforços adicionais para atingirem um nível de desempenho equivalente ao das turmas dos professores eficazes, em matemática. Do mesmo modo, 69% das turmas necessitam de reforço adicional, em português e, 56% das turmas, em ciências. Isso significa que os professores com nível superior, não-eficazes, precisam melhorar suas práticas pedagógicas, principalmente, para o ensino de português e de ciências. (Quadro B.2.2, Apêndice B).

Resumindo, os principais resultados sobre a fronteira de eficiência dos professores com formação de nível superior são: a melhor opção para promover melhorias no desempenho discente, no curto prazo, é através

da melhoria das condições de suporte ao trabalho docente; os professores com formação de nível superior apresentam um desempenho produtivo pouco heterogêneo, o que se constitui em uma característica facilitadora para o planejamento e implantação de ações de qualificação docente; o desempenho produtivo dos professores com formação de nível superior não foi influenciado pela escolaridade dos pais dos alunos; as maiores diferenças no nível de ensino, entre os professores com formação de nível superior, manifestam-se no ensino de português e ciências.

#### **4.4. Qualificação docente e aumento do desempenho discente no longo prazo: A Fronteira Global**

Conceitualmente, a Fronteira Global é uma envoltória das fronteiras de curto prazo e representa a condição de equilíbrio, no longo prazo, determinada pelo nível de escolaridade do professor. No curto prazo, o desempenho produtivo dos professores é determinado, tanto pelo nível de escolaridade do professor, como pelo tempo de capacitação e pelo clima da escola. Para isolar o efeito do nível de escolaridade sobre o desempenho produtivo dos professores e, conseqüentemente, sobre o desempenho discente, é preciso eliminar a influência da capacitação e do clima da escola, no curto prazo.

Operacionalmente, a Fronteira Global é calculada com base no conjunto dos 117 professores. Para isso, os valores originais das variáveis MAT, POR e CIE, no grupo de 67 professores sem formação de nível superior, foram corrigidos pelas distâncias radiais  $\phi_0^*$  à Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior, apresentadas no Quadro B.1.2, no Apêndice B. Por sua vez, os valores das variáveis, no grupo de 50 professores com formação de nível superior, foram corrigidos pelas

distâncias radiais à fronteira respectiva, apresentadas no Quadro B.2.2, no Apêndice B.

A fronteira global é formada por 14 professores eficazes, correspondendo a 12% do total de professores e, portanto, segundo o critério adotado a fronteira é representativa das 117 professores. Dentre os 14 professores eficazes, oito, não têm formação de nível superior e, seis têm formação de nível superior. Estatisticamente, as proporções de professores sem formação e com formação de nível superior são iguais<sup>13</sup>.

As estatísticas baseadas nos valores das variáveis, não corrigidos, são apresentadas nas Tabelas 4.14 e 4.15. Como era esperado, observa-se uma redução no grau de desigualdade na distribuição das condições do suporte ao trabalho docente e um aumento no tempo de capacitação entre os professores eficazes, relativamente às condições que prevalecem na fronteira dos professores sem formação de nível superior. Do mesmo modo, os dados revelam que os professores eficazes combinam, de forma eficiente e de modo diferente, seus atributos de qualificação docente e de suporte ao trabalho docente.

TABELA 4.14. Resumo estatístico das variáveis com valores não-corrigidos no grupo de professores eficazes na Fronteira Global.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | ΔE   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 0,50  | 180,00  | 0,00 | 170,51 | 150,75 | 174,09 |
| QUARTIL 1    | 2,50   | 8,00  | 180,00  | 0,04 | 200,26 | 177,76 | 190,10 |
| MEDIANA      | 30,00  | 10,50 | 300,00  | 0,10 | 220,98 | 192,18 | 206,99 |
| QUARTIL 3    | 92,50  | 18,00 | 620,00  | 0,58 | 243,05 | 239,33 | 230,36 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 23,00 | 1020,00 | 0,80 | 270,85 | 263,08 | 282,00 |
| MÉDIA        | 59,29  | 11,75 | 442,86  | 0,27 | 224,21 | 206,66 | 212,27 |
| DESV. PADR.  | 70,54  | 7,39  | 309,73  | 0,31 | 30,44  | 38,49  | 29,30  |

Fonte: Quadros A.1 e A.2, Apêndice A.

<sup>13</sup> A hipótese de que as duas proporções são iguais não foi rejeitada, ao nível de significância de 5%, para um valor da estatística z igual a 0,0098.

TABELA 4.15. Resumo estatístico das variáveis com valores não-corrigidos no grupo de professores não-eficazes na Fronteira Global.

| ESTATÍSTICAS | CAP    | EXP   | CE      | AF   | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|--------|-------|---------|------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00   | 0,50  | 180,00  | 0,00 | 124,72 | 97,95  | 102,82 |
| QUARTIL 1    | 10,00  | 8,00  | 420,00  | 0,03 | 176,62 | 151,78 | 170,18 |
| MEDIANA      | 50,00  | 13,00 | 620,00  | 0,07 | 191,37 | 166,98 | 185,50 |
| QUARTIL 3    | 100,00 | 18,00 | 620,00  | 0,17 | 206,13 | 189,57 | 199,56 |
| MÁXIMO       | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 0,91 | 261,90 | 252,65 | 243,76 |
| MÉDIA        | 70,98  | 13,10 | 631,76  | 0,15 | 192,72 | 171,04 | 182,84 |
| DESV. PADR.  | 71,00  | 7,20  | 337,66  | 0,20 | 26,56  | 31,73  | 25,11  |

Fonte: Quadros A.1 e A.2, Apêndice A

A Fronteira Global é formada por cinco facetas e oito arestas, as quais contêm os professores eficazes das turmas indicadas pelo seus respectivos números de ordem, como pode ser visto no Quadro 4.5. Entre os professores eficazes destacam-se, como referência para os professores não-eficazes, os professores das turmas 2G67, 2G59, SUP49, 2G37 e 2G65. Desse modo, os professores sem formação de nível superior são maioria, na Fronteira Global. Todavia, é preciso considerar a possibilidade de que parte dos desempenhos produtivos dos professores eficazes podem ser explicados, pela influência de fatores não controlados pelos administradores dos sistemas educacionais.

QUADRO 4.5. Facetas e arestas da Fronteira Global.

| FACETAS E ARESTAS | COMPOSIÇÃO |      |      |      |       |       |
|-------------------|------------|------|------|------|-------|-------|
| F1                |            | 2G37 | 2G59 | 2G67 | SUP37 |       |
| F2                |            |      | 2G59 | 2G67 | SUP46 | SUP49 |
| F3                |            | 2G23 | 2G37 | 2G59 | SUP37 |       |
| F4                |            |      | 2G59 | 2G67 | SUP37 | SUP49 |
| F5                |            |      | 2G37 | 2G65 | 2G67  | SUP46 |
| A1                |            | 2G23 | 2G59 |      | SUP37 |       |
| A2                |            | 2G23 | 2G29 |      | SUP31 |       |
| A3                |            |      | 2G37 |      | SUP5  | SUP26 |
| A4                |            |      |      | 2G67 | SUP5  | SUP26 |
| A5                |            | 2G37 | 2G65 |      | SUP26 |       |
| A6                |            | 2G3  | 2G23 | 2G37 |       |       |
| A7                |            | 2G4  | 2G23 | 2G37 |       |       |
| A8                |            |      |      | 2G65 | 2G67  | SUP49 |

QUADRO 4.6. Professores eficazes, frequência com que são referenciados e somatório dos pesos na composição das referências na Fronteira Global.

| TURMAS  |       | ESCORES | REFERÊNCIAS |                    |
|---------|-------|---------|-------------|--------------------|
| ORDEM   | GRUPO | $q_0$   | FREQU.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| GLOB3   | 2G3   | 0,00    | 0           | 0                  |
| GLOB4   | 2G4   | 0,00    | 0           | 0                  |
| GLOB23  | 2G23  | 0,00    | 7           | 7                  |
| GLOB29  | 2G29  | 0,00    | 0           | 0                  |
| GLOB37  | 2G37  | 0,00    | 28          | 13,88              |
| GLOB59  | 2G59  | 0,00    | 42          | 21,41              |
| GLOB65  | 2G65  | 0,00    | 26          | 13,32              |
| GLOB67  | 2G67  | 0,00    | 47          | 28,63              |
| GLOB72  | SUP5  | 0,00    | 1           | 0,51               |
| GLOB93  | SUP26 | 0,00    | 0           | 0                  |
| GLOB98  | SUP31 | 0,00    | 0           | 0                  |
| GLOB104 | SUP37 | 0,00    | 5           | 3,51               |
| GLOB113 | SUP46 | 0,00    | 2           | 0,31               |
| GLOB116 | SUP49 | 0,00    | 39          | 14,11              |

Fonte: Quadro B.3.2, Apêndice B.

No contexto de longo prazo, além da influência da escolaridade dos pais, também foram consideradas as possibilidades dos desempenhos produtivos dos professores terem sido influenciados pela natureza administrativa da escola e pela sua localização. Os dados mostram que existe uma associação significativa, do ponto de vista estatístico, entre a eficácia dos professores e a natureza administrativa da escola. A maioria dos professores eficazes leciona em escolas particulares enquanto que a maioria dos professores não-eficazes leciona em escolas públicas. Ou seja entre os 14 professores eficazes, 6 lecionam em escolas públicas e 8 em escolas particulares, e entre os 103 professores não-eficazes, 87 lecionam em escolas públicas e 16 lecionam em escolas particulares. Nesse caso, a probabilidade dos desempenhos produtivos dos professores não estarem associadas com a natureza administrativa escolas é 0,0003 aplicando-se o Teste do  $\chi^2$  e; 0,0014 aplicando-se o Teste Exato de Fisher. Rejeita-se, portanto, ao nível de significância de 5% a hipótese nula de que não existe associação entre o desempenho produtivo do professor e a natureza administrativa da escola.

Também verificou-se a existência de uma associação significativa entre o desempenho produtivo do professor e a escolaridade dos pais. Entre os 14 professores eficazes, 9 deles lecionam em turmas, onde até 40% dos alunos têm pais com escolaridade superior; 5 deles lecionam em turmas, onde mais de 40% dos alunos da turma têm pais com escolaridade superior. Entre os professores não-eficazes essas freqüências são, respectivamente, 90 e 13.

Com base na distribuição de freqüência acima descrita testou-se a hipótese de não haver associação significativa entre a escolaridade dos pais e os desempenhos produtivos dos professores. Esta hipótese foi rejeitada ao nível de significância de 5%, pois, a probabilidade associada ao Teste Exato de Fisher é 0,0403. Aceita-se, portanto a hipótese alternativa de que a escolaridade dos pais e o desempenho produtivo dos professores estão associados.

Esses resultados demonstram que a influência da dicotomia particular *versus* pública e a influência da escolaridade dos pais, sobre o desempenho produtivo dos professores, são marcantes.

Olhando-se apenas para os professores não-eficazes, verifica-se que o ajuste dos dados para construção da Fronteira Global equilibrou os desempenhos produtivos desses professores. Na figura 4.1 estão representadas as distribuições dos escores dos professores não-eficazes sem formação de nível superior (T2G) e com formação de nível superior (TSUP), em intervalos de variação igual a 0,5. Em uma inspeção visual observa-se que as duas distribuições são semelhantes e através do Teste t de Student, cujos resultados estão na Tabela 4.16, verifica-se que não são estatisticamente diferentes, os desempenhos produtivos médios dos professores não-eficazes.

Desse modo, no longo prazo, professores sem formação de nível superior e professores com formação de nível superior são igualmente eficazes. Todavia, esse equilíbrio de longo prazo foi determinado sob o ajuste das condições de curto prazo e, tal ajuste, foi maior entre os



professores sem formação de nível superior do que entre os professores com formação de nível superior.

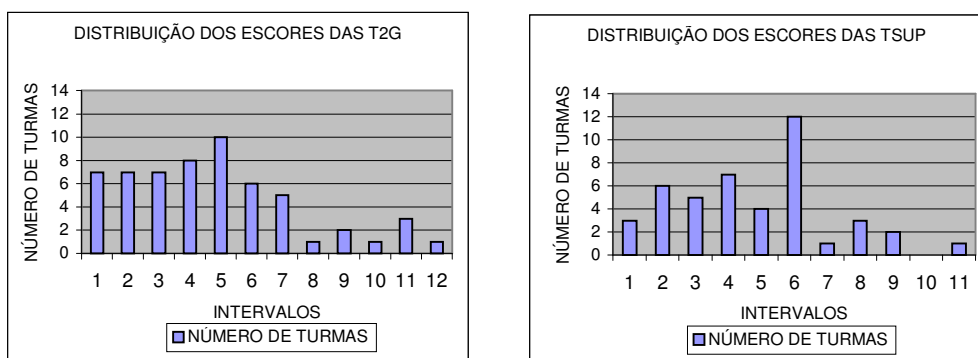


FIGURA 4.1 Distribuição dos escores das turmas ineficientes em intervalos de variação igual a 0,5.

TABELA 4.16. Resultados do teste t de Student para comparação do desempenho produtivo médio dos professores não-eficazes segundo seu nível de escolaridade.

| Variável       | Média do grupo T2G | Média do grupo TSUP | Estatística t | Graus de liberdade | Probabilidade bilateral |
|----------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------------|-------------------------|
| q <sub>0</sub> | 1,231              | 1,215               | 0,5011        | 101                | 0,6174                  |

Nota: T2G é o grupo de professores sem formação de nível superior e TSUP é o grupo professores com formação de nível superior.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

O Modelo de Avaliação do Desempenho Discente é a resposta dada à questão de pesquisa “como verificar o impacto da qualificação docente no desempenho discente?”. Esse modelo é formado a partir do Modelo Quantitativo de Desempenho Discente, descrito no capítulo 2, e da Metodologia, proposta no capítulo 3.

O Modelo Quantitativo de Desempenho Discente baseia-se no pressuposto de que o desempenho discente é resultante do trabalho docente, sendo o primeiro visualizado pelo desempenho do aluno em exames de avaliação educacional e o segundo descrito pela qualificação docente e pelo meio ambiente no qual o ensino é ministrado. Por sua vez, a qualificação docente é caracterizada pela escolaridade, pela capacitação, pela experiência e pela habilitação do professor, enquanto que o meio ambiente é caracterizado pelo suporte ao trabalho docente e pelo ambiente familiar.

A Metodologia tem como suporte principal a análise envoltória de dados e emprega, complementarmente, técnicas estatísticas conhecidas.

O Modelo de Avaliação tem duas características fundamentais: a indissociabilidade entre as dimensões subjetiva e objetiva do trabalho docente, que é intrínseca, e a separação entre os horizontes de planejamento de curto e longo prazo, que é estrutural. Ele funde a concepção teórica de um modelo insumo-produto com o da escola-eficaz, permite avaliar o desempenho discente considerando múltiplos insumos e produtos escolares e gera informações, qualitativas e quantitativas, que permitem estabelecer programas de qualificação docente e de melhoria do meio ambiente escolar direcionados para melhoria do desempenho discente.

O Modelo de Avaliação do Desempenho Discente reduz a lacuna, que existia na literatura científica, de modelos quantitativos sobre a relação entre desempenho discente e qualificação docente, capazes de gerar

---

informações objetivas, individualizadas por professor, sobre o impacto de ações de qualificação docente, de curto e longo prazo, no desempenho discente avaliado sob múltiplos critérios.

Como o elemento de análise do Modelo de Avaliação é o professor e sua turma de alunos, sua identidade é preservada com o emprego da análise envoltória de dados, característica que assegura a geração de informações individualizadas por professor. Essa individualização, associada ao conceito de eficiência relativa, em contextos de curto e longo prazo, viabiliza as seguintes ações:

(i) A identificação de professores-referência, que são aqueles responsáveis pelas turmas de melhor desempenho discente e, conseqüentemente, das melhores práticas de ensino observadas. Sob o prisma dos administradores dos sistemas educacionais, o desempenho de cada professor-referência constitui-se na possibilidade real de melhoria do desempenho discente, que pode ser alcançada por professores com condições semelhantes de qualificação docente e que trabalham sob as mesmas condições ambientais. Para os especialistas em educação, os professores-referência podem se constituir em objeto de estudos-de-caso voltados à análise da prática docente, com vistas à identificação de aspectos que podem subsidiar o planejamento de atividades de treinamento e formação docente.

(ii) A definição de políticas de qualificação docente, diferenciadas segundo o nível de escolaridade do professor, bem como a designação de cada professor para as atividades de qualificação docente mais indicadas para ele. As políticas diferenciadas segundo o nível de escolaridade do professor podem abranger desde ações de recrutamento, de liberação de professores para aperfeiçoamento, de distribuição do treinamento e de definição do tipo de treinamento oferecido.

(iii) O estabelecimento, por professor, de metas para melhoria do desempenho discente de suas turmas, de acordo com sua qualificação

---

docente e o meio ambiente. Tais metas são definidas em função de diferentes condições de qualificação e do meio ambiente, observadas.

(iv) Medidas para modificar a ênfase que cada professor dá às suas múltiplas atividades docentes.

O Modelo Quantitativo de Desempenho discente emprega as seguintes medidas:

- de desempenho discente, os escores em exames de avaliação educacional;
- de qualificação docente, o nível de escolaridade do professor, o tempo de treinamento, o tempo de experiência no magistério e o tipo de vínculo empregatício do professor; e,
- para o meio ambiente, o salário, medindo o clima da escola, e o maior nível de escolaridade dos pais, medindo o ambiente familiar.

As principais conclusões derivadas da aplicação do Modelo de Avaliação ao SAEB/97 são as seguintes.

Quanto ao nível de escolaridade do professor:

- o desempenho discente varia de modo significativo em razão das diferenças na escolaridade do professor. Alunos de professores com formação de nível superior apresentam melhores desempenhos do que alunos de professores sem formação de nível superior. No mesmo sentido, professores de nível superior requerem menos recursos, no curto prazo, para atingirem um nível de qualificação satisfatório. Por conseguinte, aumenta-se a eficácia do sistema restringindo-se o ingresso, no quadro de pessoal permanente, de professores que não tenham nível superior. Nesse sentido, reconhece-se que o princípio definido na LDB, que estabelece como requisito mínimo para o ingresso na carreira docente a formação de nível superior, é um elemento que atua na direção da melhoria da qualidade e do aumento da equidade, no ensino fundamental. No entanto, é preciso

---

ponderar que esse é um princípio de caráter geral e, dele, devem emanar orientações que contemplem as especificidades de cada ciclo educacional. Ou seja, aceita-se o pressuposto de que a escolaridade mínima do professor seja de nível superior, mas reconhece-se a necessidade de formações que atendam as especificidades dos diferentes ciclos do ensino.

Quanto à capacitação:

- professores sem formação de nível superior requerem maiores recursos para capacitação do que professores com formação de nível superior. Em contraste com essa conclusão, a pesquisa SAEB/97 registrou que, na região Sul, foram investidos mais recursos na capacitação de professores com formação de nível superior do que na capacitação de professores sem formação de nível superior.
- Em sua atuação multidisciplinar, os professores sem formação de nível superior dão maior ênfase ao ensino de matemática. Assim, para que esses professores desenvolvam uma atuação multidisciplinar mais equilibrada, os recursos aplicados em capacitação devem atender, prioritariamente, o ensino em português e em ciências.
- A atuação multidisciplinar dos professores com formação de nível superior é mais equilibrada, com ênfase no ensino de português e no ensino de ciências. Desse modo, esses professores requerem capacitação em matemática.

Quanto à experiência no magistério:

- não há indícios de que o desempenho discente e a experiência no magistério estejam associados. Todavia, atribui-se essa ausência de associação ao tipo de medida utilizada para representar a experiência no magistério. Medidas de experiência docente, que se fundamentam apenas no número de anos de

exercício do magistério, não conseguem captar a complexidade deste atributo.

Quanto ao suporte ao trabalho docente:

- professores sem formação de nível superior respondem melhor a estímulos relacionados à melhoria das condições de suporte ao trabalho docente, do que a estímulos provenientes do aumento das oportunidades de capacitação. Por isso, políticas educacionais que privilegiam a capacitação em detrimento da formação, como meio de evitar impactos nas folhas de pagamento dos professores, têm suas eficácias reduzidas.
- Professores com formação de nível superior respondem, de forma mais equilibrada, a estímulos relacionados a melhorias nas condições de suporte ao trabalho docente e a estímulos provenientes do aumento nas oportunidades de capacitação. Isso significa que os administradores dispõem de maior grau de liberdade na tomada de decisão, pois podem tratar de forma dissociada as questões relacionadas à capacitação e ao suporte do trabalho docente.

Quanto ao ambiente familiar:

- o ambiente familiar influencia de modo significativo o desempenho discente. Essa associação confirma o papel fundamental que a família tem na estrutura do sistema educacional, pois seu maior ou menor comprometimento com a educação afeta a produtividade desse sistema. A LDB reconhece, enquanto princípio, que a educação é responsabilidade da família e do Estado. Portanto, ao contrário das críticas que afirmam ser este princípio um subterfúgio para eximir o Estado de suas responsabilidades pode-se admitir que ele tem caráter essencialmente democrático e inovador.
- O nível de escolaridade dos pais, enquanto indicador do grau de valorização do ensino por parte dos pais, reflete também

---

contradições de outras naturezas. Por exemplo, reflete uma visão elitista da educação, uma vez que o acesso ao ensino superior ainda é um privilégio para poucos na sociedade brasileira. Por sua vez, tal concepção, elitista e dominante na sociedade brasileira, reduz a eficácia do sistema de ensino como um todo, pois tende a sancionar a criação e o desenvolvimento de subsistemas excludentes. Desse modo, a eficácia do sistema educacional pode ser aumentada através do desenvolvimento e da implantação de ações que induzam à disseminação de concepções mais democráticas de educação.

Outras observações relacionadas à aplicação são: o uso da racionalidade econômica na análise da relação qualificação docente-desempenho discente, enquanto uma relação insumo-produto, é limitada pela própria natureza do fenômeno analisado. As medidas de desempenho discente, por exemplo, são definidas por escalas arbitrárias e, por isso, não há como estabelecer uma equivalência na pontuação entre disciplinas. Isso implica que as taxas de troca entre os desempenhos em matemática, português e ciências devem ser consideradas, somente, como indicativas de alguma provável tendência.

As evidências mais recentes destacam que a percepção do clima da escola por professores, alunos e funcionários tem importantes implicações sobre o desempenho discente. O uso de medidas relacionadas às percepções sobre o clima da escola contrapõem-se, como opções, às medidas tradicionais de representação da influência do contexto social e econômico no desempenho discente. O uso dessas medidas não é incompatível com a abordagem insumo-produto, pois a teoria econômica destaca a influência das expectativas e de outros fatores subjetivos no desempenho econômico.

## 5.1. Recomendações

O Modelo de Avaliação é estático e sua aplicação, a um único período, não capta as interações entre as políticas de curto prazo, as políticas de longo prazo e o desempenho discente. Essa questão pode ser investigada pela análise envoltória de dados dinâmica, nas linhas desenvolvidas por Grosskopf (1993). Em consequência, seria necessário expandir o banco de dados para incluir resultados dos exames do SAEB aplicados em anos diferentes de 1997.

Atributos do trabalho docente, de caráter subjetivo, foram representados por um pequeno número de variáveis objetivas, que excluíram os resultados do trabalho docente. Estudos devem ser conduzidos para que esses resultados sejam incluídos na avaliação do desempenho discente e para que um maior número de variáveis seja considerado no Modelo Quantitativo de Desempenho Discente, de modo que a subjetividade dos atributos fique melhor representada.

A análise envoltória de dados, que é um método de suporte básico da Metodologia do Modelo de Avaliação, é uma técnica determinística e não-paramétrica que mede eficiência relativa de observações homogêneas. Estudos devem ser realizados para associar análise envoltória de dados e análise de fronteira estocástica, que são métodos alternativos para estimar fronteiras de eficiência e assim medir a eficiência da produção.

O conhecimento das melhores práticas de ensino é essencial para se estudar o impacto do trabalho docente no desempenho discente. A análise envoltória de dados identifica as melhores práticas, portanto seus resultados são sensíveis às observações excepcionais (*outliers*), que não podem ser excluídas do estudo por serem observações reais. Todavia, os resultados dos métodos estatísticos dizem respeito aos valores centrais da população e excluem de um modo geral, o efeito dos valores das observações excepcionais. Estudos devem ser realizados para



---

compatibilizar a interação desses dois métodos na operacionalização da Metodologia.

O banco de dados do SAEB/97 limitou a escolha de variáveis para representar os atributos do desempenho discente e do trabalho docente. Esse banco deve ser ampliado de modo a incluir variáveis que possibilitem, em particular, representar a experiência e a habilitação do professor, bem como, melhorar a representação dos demais fatores utilizados nesta pesquisa.

Como sugestão aos formuladores e administradores das pesquisas de avaliação educacional, propõe-se a identificação das áreas de formação dos professores nos níveis de graduação e pós-graduação. Essa identificação permitirá que seja incorporada na análise de longo prazo um efeito adicional ligado à formação complementar. Outra sugestão refere-se à coleta de informações detalhadas sobre a oferta de atividades de treinamento. A avaliação de ações de curto prazo depende da qualidade das informações geradas pelos órgãos gestores dos sistemas educacionais.

A aplicação restringiu-se às turmas de alunos da 4ª série do ensino fundamental de escolas da Região Sul, uma vez que o SAEB avalia o ensino na 4ª e na 8ª séries do ensino fundamental e na 3ª série do ensino médio; que somente a 4ª série do ensino fundamental tem um único professor, e que as escolas da Região Sul são relativamente homogêneas no contexto brasileiro. Estudos deveriam ser realizados de modo a incorporar turmas com vários professores e ambientes mais heterogêneos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, L. **Avaliação cruzada da produtividade dos departamentos acadêmicos da UFSC utilizando DEA (Data Envelopment Analysis)**. Florianópolis: 2000. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- AFRIAT, S. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, v. 3, n°13, p. 568-598, 1972.
- AIGNER, D. J. & Chu, S. F. On estimating the industry production function. **American Economic Review**, n° 58, 226-239, 1968.
- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. **Journal of Econometrics**, v. 1, n°6, p. 21-37, 1977.
- ANDRÉ, M. Estado da arte da formação de professores no Brasil. **Educação & Sociedade**, ano XX, n° 68, p. 301-309, dezembro 1999.
- AVKIRAN, N. K. Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through data envelopment analysis. **Socio-Economic Planning**, n° 35, p. 57-80, 2001.
- BAKER, B. D. Can flexible non-linear modeling tell us new about educational productivity? **Economics of Education Review**, n° 20, p. 81-92, 2001.
- BALLOU, D. Pay for performance in public e private schools. **Economics of Education Review**, n° 20, p. 51-61, 2001.
- BALLOU, Dale, PODGURSKY, Michael. **Teacher training and licensure: a layman's guide**. Disponível em:  
< <http://www.fordhamfoundation.org/betters/tchrs/08>>, 1999.
- BANKER, R. D. & MOREY, Richard C. The use of categorical variables in data envelopment analysis. **Management Science**. Vol. 32, n° 12, p.1613-1627, 1986.
- BANKER, R. D. & NATARAJAN, R. Evaluating contextual variables affecting productivity using data envelopment analysis. Disponível em:  
<[www.utdallas.edu/dept/aim/working%20pap](http://www.utdallas.edu/dept/aim/working%20pap)>; 2002.

- BASSO, Y. S.. Significado e sentido do trabalho docente. **Cadernos CEDES**, V.19, n° 44, abril 1998.
- BELLONI, José Antônio. **Uma metodologia de avaliação de universidades brasileiras**. Florianópolis: 2000. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- BETTS, J. R. Does school quality matter? Evidence from the national longitudinal survey of youth. **The Review of Economics and Statistics**, V. 2, n°77, p. 231-250, 1995 .
- BETTS, J. R. & SHKOLNIK, J. L. The effects of ability grouping on student achievement and resource allocation in secondary schools. **Economics of Education Review**, n° 19, p.1-15, 2000.
- BORGES, C. Saberes docentes: diferentes tipologias e classificações de um campo de pesquisa. **Educação & Sociedade**, v. 22, n° 74, p.59-76, 2001.
- BRADHAN, I. R. ; COOPER, W.; KUMBHAKAR, S. C. A.. A simulation study of joint uses of data envelopment analysis and statistical regressions for production function estimation and efficiency evaluation. **Journal of Productivity Analysis**. N° 9, p. 249-278, 1998.
- BRZEZINSKI, I. Embates na definição das políticas de formação de professores para a atuação multidisciplinar nos anos iniciais do ensino fundamental: respeito à cidadania ou disputa pelo poder?. **Educação & Sociedade**, ano XX, n° 68, p. 80-108, dezembro 1999.
- CHAPMAN D. W. & SNYDER JR, C. W. Can high stakes national testing improve instruction: reexamining conventional wisdom. **International Journal of Educational Development**, n° 20, p. 457-474, 2000.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. et alii. **Data envelopment analysis: theory, methodology and application**. 2<sup>nd</sup> print. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- CHARNES, A. & COOPER W. W.. Programming with linear fractional functionals. **Naval Research Logistics Quarterly**, v. 34, n° 9, p. 181-185, 1962.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, L. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 6, n°2, p. 429-444, 1978.

COELLI, T.; RAO, P. D. S.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Kluwer, 1998.

COLEMAN, J. S.; CAMPBELL, E. Q.; HOBSON, C. J. et alii. **Equality of educational opportunity**. NCES, ERIC ED012275. Disponível em: <<http://eric.web.columbia.edu/abstracts/ed012275>>, 1966.

COOPER, W.; SEIFORD, L. M.; KAORU, T. **Data envelopment analysis – a comprehensive text with models, applications, references**. Kluwer Academic Publishers, 2000. 352 p.

DARLING-HAMMOND, L. **Teacher quality and student achievement: a review of state policy evidence**. Washington, CTP, 1999.

DARLING-HAMMOND, L. & BALL, D. L. **Teaching for high standards: what policymakers need to know and be able to do**.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica, Journal of the Econometric Society**, v.19, n° 3, 1951.

DÍAZ, M. J. F. & GALÁN, A.G. Desarrollo y situación de los estudios de eficacia escolar. **Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa.Universidad Complutense de Madrid**, v.3, n°13, 1997.

DEWEY, J.; HUSTED, T. A.; KENNY, L.W. The ineffectiveness of school inputs; a product of misspecification? **Economics Education Review**, n° 19, p. 27-45, 2000.

ESTELLITA, L. & MEZA, L. A. **Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente de apoio à decisão**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

FABIANO, L. **Measuring teacher qualifications**. <http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=199904>, 1999.

FAÇANHA, L.O. & MARINHO, A. **Instituições de ensino superior governamentais e particulares:avaliação comparativa de eficiência**. <http://www.ipea.gov.br>, 2001.

FÄRE, R.; SHAWNA, G.; LOVELL, K. C. A. **Production frontiers**. New York: Cambridge University, 1994. 312 p.

FÄRE, R. & C.A.K LOVELL . Measuring the Technical Efficiency. **Journal. Of Economic Theory** 19(1), 150-162, 1978.

FÄRE, R.; SHAWNA, G.; LINDGREN, B. et alii. Productivity developments in swedish hospitals: a malmquist output index approach. In CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. et alii (org.). **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Kluwer, p.253-271, 1996.

FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. V. 120, part III, p. 253-290, 1957.

FORSUND, F. R. **The evolution of DEA: the economic perspective**. In: The Sixth European Workshop on Efficiency and Productivity Analysis. Copenhagen, 1999.

FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency. Techniques and applications**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

FRIED H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. et alii. Accounting for environmental effects and statistical noise in Data Envelopment Analysis. **Journal of Productivity Analysis**. N° 17: p. 157-174, january/march 2002.

GOLDHABER, D. D. & BREWER, Dominic J. Evaluating the effect of teacher degree level on educational performance. In: NCES. **Developments in school finance 1996**. 1997. Disponível em: <<http://nces.ed.gov/pubs97/97535l.html>>.

GOLDHABER, D. & BREWER, D.J. **Teacher licensing and student achievement**. Disponível em: <[www.edexcellence.net/better/goldhaber.pdf](http://www.edexcellence.net/better/goldhaber.pdf)>, 1999.

GOLDSTEIN, Harvey. Methods in school effectiveness research. **School effectiveness and school improvement**, n° 8, p.369-95, 1997.

GOLDSTEIN, Harvey; WOODHOUSE, Geoffrey. **School effectiveness research and educational policy**. Disponível em:

<<http://www.ioe.ac.uk/hgpersonal/school-effectiveness-critiques.pdf>>,

2000.

HANUSHEK, E. A.; KAIN, J.; RIVKIN, S. G.. **Do higher salaries buy better teachers?**. Disponível em:

<<http://papers.nber.org/papers/W7082>>, march 1999.

HANUSHEK, E. A.; RIVKIN, S. G.; TAYLOR, L. L. Aggregation and the estimated effects of school resources. **The review of Economics and Statistics**, v. 78, n°4, p. 611-627, 1996.

INGERSOLL, R.M. **Ou-of-field teaching, educational inequality, and the organization of schools: an exploratory analysis**. Washington: CTP, january 2002.

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. **Econometrica**, v.19, n°1, october 1951.

KREFT, G.G. **Models and methods for the measurement of school effects**. University of Amsterdam: 1987, Ph.D. Thesis.

LANE, David. **HyperStat online textbook**. Disponível em:

<<http://davidmlane.com/hyperstat/>>, 2001.

LAPA, J. S. & NEIVA, C. C. Avaliação em educação: comentários sobre desempenho e qualidade. **Ensaio**. V.4, n° 12, p. 213-236, 1996.

LANZER, E.A. **Programação linear: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1982.

LOPES, A. L. M. **Um modelo de análise envoltória de dados e conjuntos difusos para avaliação cruzada da produtividade e qualidade de departamentos acadêmicos – uma aplicação na UFSC**. Florianópolis:1998. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

LOVELL, C.A.K. Production frontiers and productive efficiency. In: FRIED, H.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (eds). **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University, 1993.

LOVELL, C. A. K.; WALTERS, L. C.; WOOD. L. Stratified models of education production using modified DEA and regression analysis. In: CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A. et alii. **Data envelopment**

- analysis: theory, methodology and application.** Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- MAMBRINI, J.; CESAR, C. C.; SOARES, J. F. **Fatores determinantes do desempenho acadêmico dos alunos mineiros no SAEB de 1995.** Universidade Federal de Minas Gerais: agosto de 1999.
- MEC/INEP. **Análise de resultados da avaliação do SAEB.** Documentação do software ANALISASAEB, CD-Rom.
- MEC. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional.** Brasília, 1996.
- MEC/INEP. **Resultados do SAEB 1995: relatório final.** INEP, Brasília, dezembro de 1996.
- MEC/INEP. **Estatísticas da educação no Brasil.** Brasília, 1996.
- MEC/INEP. **Saeb 97: primeiros resultados.** www.inep.gov.br.
- MEC/INEP. **Plano Nacional de Educação.** Brasília, 1998.
- MELO, M.T.L. Programas oficiais para formação dos professores da educação básica. **Educação & Sociedade**, v.20, n° 68, p.45-60, 1999.
- MOITA, Márcia.H.V. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande-RS usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis).** Florianópolis:1995. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.
- NORMAN, M. & STOCKER, B. Data envelopment analysis: the assessment of performance. John Wiley and Sons, 1991.
- NUNES, N. **Avaliação de eficiência produtiva de organizações educacionais: uma aplicação do método de análise envoltória de dados sobre a produção científica dos departamentos de ensino da Universidade Federal da Santa Catarina.** Florianópolis: 1998. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Administração, UFSC.
- PASTOR, J. T.; RUIZ, J.L.; SIRVENT, I. A statistical test for influential observations in DEA. **European Journal of Operational Research.** N° 115, p. 542-554, 1999.

- READ, E. L. & THANASSOULIS, E. **A comparison of data envelopment analysis (DEA) and stochastic frontiers (SF) under variation of fit**. University of Warwick, 1996.
- RHODES, E. L. **Data envelopment analysis and approaches for measuring the efficiency of decision-making units with an application to Program Follow-Through in U.S. education**. Pittsburgh: 1978. Ph.D. Dissertation, Carnegie-Mellon University.
- RICHMOND, J. Estimating the Efficiency of Production. **International Economic Review**, n° 15, 515-521, 1974.
- RIVKIN, S. G.; HANUSHEK, E. A.; KAIN, J. F. **Teachers, schools and academic achievement**. Disponível em: <http://papers.nber.org/papers/w6691.pdf>, 1998.
- RUGGIERO, J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**. N° 111: p. 461-469, 1998.
- RUGGIERO, J. & VITALIANO, D. F. Assessing the efficiency of public schools using data envelopment analysis and frontier regression. **Contemporary Economic Policy**, v.17, n° 3, p. 321-331, 1999.
- SAVIANI, Dermeval. Sistemas de ensino e planos de educação :o âmbito dos municípios. **Educação & Sociedade**, ano xx, n° 69, p. 119-136, dezembro de 1999.
- SCHEEL, H. **EMS: Efficiency Measurement System user's manual e software version 1.3**. Disponível em : <<http://wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems>>, 2001.
- SEIFORD, L. M. Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). **Journal of Productivity Analysis**, n° 7 (2/3), 99-137, 1996.
- SHEPARD, R. W. Theory of cost and production functions, Princeton University Press, Princeton, 1970.
- SIMAR, L. **Aspects of statistical analysis in DEA-type frontier models**. Workingpaper. Institut Catholique de Louvain, Université Catholique de Louvain, Belgium, 1995.



- SIMAR, L. & WILSON, P.W. **Statistical inference in nonparametric frontiers models: the state of the art**. Workingpaper. Institut Catholique de Louvain, Université Catholique de Louvain, Belgium, 1999.
- TAN, J.; LANE, J.; COUSTÈRE, P. Putting inputs to work in elementary schools: what can be done in the Phillippines? **Economic Development and Cultural Change**. The University of Chicago, p. 857-879, 1997.
- TARDIF, M. & RAYMOND, D. Saberes, tempo e aprendizagem do trabalho no magistério. **Educação & Sociedade**, ano XXI, nº 73, p. 209-244, dezembro 2000.
- THANASSOULIS, E. & PORTELA, M. C. A. S. Decomposing school and school-type efficiency. **European Journal of Operational Research**. Nº132, p. 357-373, 2001.
- THANASSOULIS, E. & SIMPSON, G. **Setting individual achievement targets with DEA**. Disponível em: <<http://www.orsoc.org.uk/about/topic/insight/setting.htm>>. 1999.
- THOMAS, S. Abordagens de valor agregado para a auto avaliação escolar no Reino Unido. In INEP. **Anais do Seminário Internacional de Avaliação Educacional**. Brasília, 1998.
- THOMPSON, R.G. & R.M. THRALL (1993): Need for MS/OR in Public Policymaking. in RHODES, E.L. (ed.), **Public policy applications of management science, Applications of Management Science**, nº 7, 3-21, Greenwich: JAJ Press.
- USDE/NCES. **Teacher quality: a report on preparation and qualifications of public school teachers**. Washington, NCES, 1999.
- VARIAN, H. Microeconomia: princípios básicos. Rio de Janeiro, campus, 1999.
- ZIEGLER, S. The impact of class size, length of school year, and teacher qualifications on student achievement: what research says about costs and benefits. Disponível em: <<http://ceris.schoolnet.ca/e/CostBen4.html>>, 2002.

## APÊNDICE A. BANCO DE DADOS

QUADRO A.1. Número de ordem, código da turma, valores das variáveis e resumo estatístico, para o grupo de professores sem formação de nível superior.

| TURMAS |          | INSUMOS |     |      |         | PRODUTOS |        |        |
|--------|----------|---------|-----|------|---------|----------|--------|--------|
| ORDEM  | T2G      | AF      | CAP | EXP  | CE      | MAT      | POR    | CIE    |
| 2G1    | 41128401 | 0,00    | 100 | 3,0  | 420,00  | 124,72   | 125,27 | 126,65 |
| 2G2    | 41128402 | 0,00    | 100 | 3,0  | 420,00  | 197,69   | 160,66 | 135,86 |
| 2G3    | 41129301 | 0,00    | 160 | 3,0  | 180,00  | 211,58   | 175,03 | 188,66 |
| 2G4    | 41129501 | 0,00    | 100 | 8,0  | 180,00  | 217,31   | 150,75 | 180,10 |
| 2G5    | 41129601 | 0,00    | 70  | 13,0 | 180,00  | 171,99   | 127,21 | 119,66 |
| 2G6    | 41129701 | 0,00    | 30  | 13,0 | 180,00  | 161,28   | 139,05 | 158,29 |
| 2G7    | 41129801 | 0,00    | 50  | 13,0 | 180,00  | 174,91   | 97,95  | 157,90 |
| 2G8    | 41130001 | 0,00    | 50  | 0,5  | 180,00  | 155,76   | 105,76 | 102,82 |
| 2G9    | 42130703 | 0,00    | 10  | 8,0  | 620,00  | 179,43   | 141,39 | 190,54 |
| 2G10   | 42130801 | 0,00    | 0   | 13,0 | 300,00  | 164,13   | 185,14 | 178,27 |
| 2G11   | 42130802 | 0,00    | 0   | 8,0  | 620,00  | 201,26   | 128,65 | 206,32 |
| 2G12   | 42130902 | 0,00    | 160 | 3,0  | 300,00  | 216,20   | 154,12 | 201,67 |
| 2G13   | 42131102 | 0,00    | 0   | 18,0 | 300,00  | 163,99   | 153,04 | 139,49 |
| 2G14   | 42131703 | 0,00    | 0   | 8,0  | 420,00  | 203,61   | 154,89 | 189,60 |
| 2G15   | 42133402 | 0,00    | 70  | 13,0 | 180,00  | 176,85   | 171,38 | 174,25 |
| 2G16   | 42133801 | 0,00    | 30  | 18,0 | 420,00  | 141,06   | 121,99 | 147,64 |
| 2G17   | 43134101 | 0,00    | 0   | 18,0 | 620,00  | 167,22   | 152,46 | 167,41 |
| 2G18   | 43135701 | 0,00    | 0   | 8,0  | 620,00  | 172,24   | 171,60 | 179,23 |
| 2G19   | 43135803 | 0,00    | 0   | 27,0 | 300,00  | 135,06   | 130,45 | 170,06 |
| 2G20   | 43136401 | 0,00    | 100 | 18,0 | 620,00  | 132,54   | 104,34 | 115,49 |
| 2G21   | 41129202 | 0,03    | 30  | 18,0 | 620,00  | 184,31   | 165,95 | 194,86 |
| 2G22   | 42133602 | 0,03    | 210 | 13,0 | 1020,00 | 185,87   | 162,66 | 174,97 |
| 2G23   | 43134805 | 0,03    | 30  | 18,0 | 180,00  | 194,52   | 185,95 | 204,27 |
| 2G24   | 42131002 | 0,04    | 30  | 8,0  | 620,00  | 212,40   | 191,98 | 190,44 |
| 2G25   | 43134901 | 0,04    | 10  | 0,5  | 620,00  | 185,89   | 170,21 | 159,73 |
| 2G26   | 43135801 | 0,04    | 0   | 27,0 | 620,00  | 176,54   | 165,63 | 185,40 |
| 2G27   | 42130701 | 0,05    | 10  | 8,0  | 620,00  | 192,76   | 170,63 | 189,36 |
| 2G28   | 42133501 | 0,05    | 160 | 3,0  | 420,00  | 164,32   | 150,44 | 164,32 |
| 2G29   | 43134804 | 0,06    | 30  | 18,0 | 180,00  | 197,90   | 188,31 | 194,40 |
| 2G30   | 41128904 | 0,06    | 50  | 23,0 | 620,00  | 151,66   | 169,33 | 144,38 |
| 2G31   | 41129205 | 0,07    | 30  | 3,0  | 420,00  | 163,54   | 124,90 | 187,57 |
| 2G32   | 42130901 | 0,07    | 160 | 3,0  | 300,00  | 203,70   | 171,89 | 181,16 |
| 2G33   | 42133901 | 0,07    | 70  | 23,0 | 300,00  | 200,04   | 142,35 | 171,51 |
| 2G34   | 43136402 | 0,07    | 100 | 18,0 | 620,00  | 205,93   | 175,21 | 203,99 |
| 2G35   | 42131101 | 0,08    | 0   | 13,0 | 300,00  | 178,58   | 128,16 | 165,16 |
| 2G36   | 41128906 | 0,08    | 160 | 3,0  | 620,00  | 173,37   | 133,94 | 160,34 |
| 2G37   | 42131401 | 0,08    | 0   | 3,0  | 180,00  | 207,32   | 188,63 | 184,79 |
| 2G38   | 42131702 | 0,08    | 70  | 8,0  | 620,00  | 191,52   | 174,03 | 193,68 |

| TURMAS |          | INSUMOS |     |      |         | PRODUTOS |        |        |
|--------|----------|---------|-----|------|---------|----------|--------|--------|
| ORDEM  | T2G      | AF      | CAP | EXP  | CE      | MAT      | POR    | CIE    |
| 2G39   | 41128905 | 0,09    | 30  | 23,0 | 620,00  | 194,93   | 144,49 | 193,18 |
| 2G40   | 42133301 | 0,09    | 160 | 23,0 | 180,00  | 193,13   | 170,42 | 177,57 |
| 2G41   | 42130702 | 0,11    | 0   | 23,0 | 1020,00 | 195,25   | 141,93 | 200,95 |
| 2G42   | 41128901 | 0,12    | 100 | 18,0 | 620,00  | 201,53   | 146,35 | 167,29 |
| 2G43   | 43134302 | 0,12    | 50  | 13,0 | 620,00  | 170,45   | 201,79 | 173,62 |
| 2G44   | 42131403 | 0,14    | 0   | 8    | 420,00  | 216,47   | 159,43 | 181,54 |
| 2G45   | 42131003 | 0,15    | 160 | 3,0  | 620,00  | 181,29   | 181,68 | 194,23 |
| 2G46   | 43136301 | 0,15    | 0   | 23   | 620,00  | 196,46   | 151,55 | 195,03 |
| 2G47   | 42218201 | 0,16    | 0   | 8    | 1020,00 | 201,18   | 197,02 | 187,46 |
| 2G48   | 43134802 | 0,17    | 0   | 23,0 | 420,00  | 158,77   | 153,34 | 173,24 |
| 2G49   | 43220901 | 0,17    | 0   | 8,0  | 1020,00 | 215,20   | 188,47 | 185,92 |
| 2G50   | 42130803 | 0,18    | 30  | 8,0  | 620,00  | 158,83   | 156,90 | 176,10 |
| 2G51   | 41128903 | 0,18    | 70  | 13,0 | 1020,00 | 182,13   | 153,89 | 165,52 |
| 2G52   | 42218205 | 0,19    | 0   | 8,0  | 1020,00 | 189,40   | 197,75 | 175,40 |
| 2G53   | 42133302 | 0,20    | 30  | 18,0 | 300,00  | 203,70   | 188,15 | 199,85 |
| 2G54   | 42130602 | 0,23    | 0   | 0,5  | 300,00  | 151,86   | 164,86 | 171,21 |
| 2G55   | 42133303 | 0,26    | 160 | 18,0 | 300,00  | 205,24   | 186,19 | 200,02 |
| 2G56   | 42131001 | 0,27    | 0   | 8,0  | 620,00  | 185,36   | 194,05 | 175,23 |
| 2G57   | 43220904 | 0,28    | 160 | 23,0 | 420,00  | 224,34   | 153,66 | 172,09 |
| 2G58   | 41215603 | 0,43    | 30  | 8,0  | 1500,00 | 261,90   | 231,05 | 240,20 |
| 2G59   | 43134402 | 0,43    | 70  | 8,0  | 300,00  | 244,39   | 240,17 | 225,78 |
| 2G60   | 41215706 | 0,46    | 210 | 8,0  | 420,00  | 230,85   | 208,51 | 211,21 |
| 2G61   | 41128802 | 0,47    | 70  | 0,5  | 300,00  | 210,64   | 190,53 | 224,02 |
| 2G62   | 41215601 | 0,56    | 30  | 8,0  | 1500,00 | 244,75   | 243,71 | 243,76 |
| 2G63   | 41215701 | 0,62    | 70  | 18,0 | 620,00  | 238,87   | 233,58 | 220,87 |
| 2G64   | 43220806 | 0,62    | 210 | 8,0  | 420,00  | 247,54   | 241,76 | 211,06 |
| 2G65   | 42130502 | 0,63    | 70  | 8,0  | 1020,00 | 270,85   | 236,79 | 219,22 |
| 2G66   | 43220802 | 0,70    | 210 | 13,0 | 1020,00 | 229,56   | 188,78 | 215,57 |
| 2G67   | 42130503 | 0,73    | 0   | 23,0 | 620,00  | 263,90   | 252,40 | 236,74 |

Fonte: MEC/INEP.

| ESTATÍSTICAS | AF   | CAP    | EXP   | CE      | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00 | 0,00   | 0,50  | 180,00  | 124,72 | 97,95  | 102,82 |
| QUARTIL 1    | 0,00 | 0,00   | 8,00  | 300,00  | 172,12 | 148,40 | 168,74 |
| MEDIANA      | 0,07 | 30,00  | 13,00 | 420,00  | 193,13 | 165,95 | 181,54 |
| QUARTIL 3    | 0,18 | 100,00 | 18,00 | 620,00  | 208,98 | 188,39 | 197,44 |
| MÁXIMO       | 0,73 | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 270,85 | 252,40 | 243,76 |
| MÉDIA        | 0,15 | 61,64  | 11,93 | 531,64  | 192,65 | 168,81 | 182,00 |
| DESV.PADR.   | 0,20 | 64,94  | 7,32  | 304,12  | 31,24  | 34,53  | 28,16  |

QUADRO A.2. Número de ordem, código da turma e valores das variáveis e resumo estatístico, para o grupo de professores com formação de nível superior.

| TURMAS |          | INSUMOS |     |      |         | PRODUTOS |        |        |
|--------|----------|---------|-----|------|---------|----------|--------|--------|
| ORDEM  | TSUP     | AF      | CAP | EXP  | CE      | MAT      | POR    | CIE    |
| SUP1   | 41129003 | 0,00    | 30  | 13,0 | 620,00  | 189,08   | 152,45 | 145,48 |
| SUP2   | 41129204 | 0,00    | 10  | 18,0 | 1500,00 | 189,23   | 140,75 | 158,29 |
| SUP3   | 42133603 | 0,00    | 210 | 18,0 | 620,00  | 192,72   | 192,46 | 200,49 |
| SUP4   | 42133902 | 0,00    | 100 | 13,0 | 620,00  | 183,69   | 182,84 | 178,21 |
| SUP5   | 43134001 | 0,00    | 0   | 18,0 | 620,00  | 230,49   | 174,05 | 209,71 |
| SUP6   | 43135802 | 0,00    | 100 | 18,0 | 1020,00 | 178,17   | 144,61 | 160,91 |
| SUP7   | 43136801 | 0,00    | 30  | 27,0 | 420,00  | 182,70   | 162,34 | 175,67 |
| SUP8   | 41129201 | 0,03    | 10  | 8,0  | 1020,00 | 189,53   | 162,48 | 190,71 |
| SUP9   | 41129203 | 0,03    | 10  | 8,0  | 1020,00 | 176,26   | 150,57 | 166,48 |
| SUP10  | 42132801 | 0,03    | 30  | 3,0  | 620,00  | 217,25   | 190,96 | 175,70 |
| SUP11  | 42132802 | 0,03    | 70  | 8,0  | 620,00  | 206,20   | 162,34 | 178,27 |
| SUP12  | 41129002 | 0,03    | 30  | 8,0  | 420,00  | 184,72   | 166,70 | 170,55 |
| SUP13  | 41129101 | 0,03    | 100 | 18,0 | 1500,00 | 170,71   | 169,45 | 185,60 |
| SUP14  | 42131802 | 0,06    | 70  | 8,0  | 1020,00 | 209,07   | 176,15 | 204,25 |
| SUP15  | 43134803 | 0,06    | 0   | 8,0  | 420,00  | 161,97   | 148,11 | 156,02 |
| SUP16  | 42133201 | 0,06    | 30  | 18,0 | 420,00  | 202,81   | 159,35 | 185,23 |
| SUP17  | 42133401 | 0,06    | 210 | 27,0 | 300,00  | 194,98   | 167,25 | 183,12 |
| SUP18  | 42130601 | 0,07    | 0   | 13,0 | 1020,00 | 193,71   | 171,39 | 199,83 |
| SUP19  | 42131501 | 0,07    | 210 | 13,0 | 180,00  | 185,28   | 162,55 | 165,32 |
| SUP20  | 42131701 | 0,07    | 210 | 13,0 | 300,00  | 201,38   | 142,87 | 197,23 |
| SUP21  | 42132902 | 0,07    | 50  | 8,0  | 620,00  | 205,54   | 157,62 | 162,95 |
| SUP22  | 43134801 | 0,07    | 30  | 8,0  | 420,00  | 181,32   | 155,04 | 189,14 |
| SUP23  | 43135804 | 0,07    | 0   | 23,0 | 620,00  | 195,73   | 177,89 | 186,23 |
| SUP24  | 43135602 | 0,07    | 50  | 18,0 | 620,00  | 160,30   | 157,90 | 190,23 |
| SUP25  | 43135603 | 0,07    | 50  | 3,0  | 620,00  | 188,36   | 148,38 | 186,09 |
| SUP26  | 43134806 | 0,08    | 0   | 8,0  | 300,00  | 170,51   | 159,39 | 200,53 |
| SUP27  | 42133601 | 0,09    | 210 | 18,0 | 1020,00 | 213,86   | 178,42 | 212,15 |
| SUP28  | 41129001 | 0,10    | 10  | 8,0  | 420,00  | 182,02   | 176,98 | 186,98 |
| SUP29  | 42133403 | 0,11    | 30  | 8,0  | 620,00  | 191,21   | 189,83 | 201,48 |
| SUP30  | 41128902 | 0,12    | 0   | 23,0 | 620,00  | 174,25   | 182,97 | 159,36 |
| SUP31  | 42218202 | 0,12    | 160 | 23,0 | 180,00  | 197,83   | 195,73 | 174,09 |
| SUP32  | 42218203 | 0,14    | 100 | 13,0 | 420,00  | 186,61   | 154,08 | 182,49 |
| SUP33  | 41129004 | 0,15    | 0   | 8,0  | 620,00  | 199,73   | 200,66 | 186,29 |
| SUP34  | 43135601 | 0,16    | 210 | 23,0 | 300,00  | 207,25   | 194,86 | 186,77 |
| SUP35  | 42131402 | 0,16    | 70  | 8,0  | 620,00  | 192,65   | 231,47 | 204,76 |
| SUP36  | 42133203 | 0,17    | 30  | 18,0 | 420,00  | 191,22   | 151,29 | 174,56 |
| SUP37  | 41128703 | 0,20    | 10  | 13,0 | 620,00  | 239,01   | 220,33 | 239,65 |
| SUP38  | 41128803 | 0,20    | 100 | 27,0 | 1500,00 | 218,23   | 187,83 | 200,51 |
| SUP39  | 42218204 | 0,20    | 100 | 23,0 | 620,00  | 190,96   | 198,13 | 196,04 |
| SUP40  | 41128702 | 0,26    | 100 | 27,0 | 1500,00 | 227,95   | 211,52 | 226,17 |

| SUP41  | 41128801 | 0,28    | 10  | 27,0 | 620,00  | 211,64   | 229,69 | 188,69 |
|--------|----------|---------|-----|------|---------|----------|--------|--------|
| TURMAS |          | INSUMOS |     |      |         | PRODUTOS |        |        |
| ORDEM  | TSUP     | AF      | CAP | EXP  | CE      | MAT      | POR    | CIE    |
| SUP42  | 41215702 | 0,56    | 160 | 8,0  | 620,00  | 222,85   | 197,57 | 207,10 |
| SUP43  | 41215705 | 0,58    | 210 | 8,0  | 620,00  | 216,65   | 252,65 | 198,74 |
| SUP44  | 41215703 | 0,59    | 210 | 13,0 | 1020,00 | 245,99   | 214,46 | 204,70 |
| SUP45  | 43220706 | 0,60    | 210 | 13,0 | 1500,00 | 246,14   | 225,78 | 220,74 |
| SUP46  | 41215704 | 0,66    | 30  | 8,0  | 620,00  | 224,65   | 262,64 | 231,89 |
| SUP47  | 41215602 | 0,73    | 100 | 13,0 | 1020,00 | 249,09   | 238,01 | 235,31 |
| SUP48  | 43220701 | 0,78    | 30  | 18,0 | 1020,00 | 241,18   | 236,37 | 238,20 |
| SUP49  | 42130501 | 0,80    | 210 | 8,0  | 1020,00 | 268,73   | 263,08 | 282,00 |
| SUP50  | 41215604 | 0,91    | 100 | 13,0 | 1020,00 | 256,13   | 236,89 | 221,72 |

Fonte: MEC/INEP.

| ESTATÍSTICAS | AF   | CAP    | EXP   | CE      | MAT    | POR    | CIE    |
|--------------|------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|
| MÍNIMO       | 0,00 | 0,00   | 3,00  | 180,00  | 160,30 | 140,75 | 145,48 |
| QUARTIL 1    | 0,03 | 10,00  | 8,00  | 420,00  | 185,28 | 159,36 | 175,70 |
| MEDIANA      | 0,08 | 50,00  | 13,00 | 620,00  | 195,36 | 177,44 | 188,92 |
| QUARTIL 3    | 0,20 | 100,00 | 18,00 | 1020,00 | 217,25 | 200,66 | 204,70 |
| MÁXIMO       | 0,91 | 210,00 | 27,00 | 1500,00 | 268,73 | 263,08 | 282,00 |
| MÉDIA        | 0,19 | 80,80  | 14,30 | 720,80  | 202,75 | 185,34 | 193,25 |
| DESV.PADRÃO  | 0,25 | 76,61  | 6,81  | 356,88  | 25,11  | 33,19  | 25,52  |

## APÊNDICE B. FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA

QUADRO B.1.1. Resultados do Modelo BCC para a Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior: multiplicadores, frequência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências.

| TURMAS   |       | MULTIPLICADORES |          |          |          |          | REFERÊNCIAS |                    |
|----------|-------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-------------|--------------------|
| TURMA    | ORDEM | $v_1$           | $v_2$    | $\mu_1$  | $\mu_2$  | $\mu_3$  | FREQÜ.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| 41129301 | 2G3   | 0,000000        | 0,005556 | 0,002691 | 0,000483 | 0,001834 | 1,00        | 0,42               |
| 41129501 | 2G4   | 0,000174        | 0,005459 | 0,004602 | 0,000000 | 0,000000 | 4,00        | 1,03               |
| 42130802 | 2G11  | 0,044484        | 0,001613 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004847 | 11,00       | 4,04               |
| 43134805 | 2G23  | 0,003673        | 0,004943 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004895 | 7,00        | 2,55               |
| 43134804 | 2G29  | 0,000000        | 0,005556 | 0,000000 | 0,004651 | 0,000639 | 1,00        | 0,71               |
| 42131401 | 2G37  | 0,022222        | 0,005556 | 0,003880 | 0,000971 | 0,000068 | 21,00       | 9,67               |
| 41215603 | 2G58  | 0,001926        | 0,000397 | 0,001091 | 0,000000 | 0,002974 | 0,00        | 0,00               |
| 43134402 | 2G59  | 0,001586        | 0,002963 | 0,000000 | 0,003299 | 0,000920 | 12,00       | 9,28               |
| 41215601 | 2G62  | 0,000063        | 0,000658 | 0,000000 | 0,000573 | 0,003530 | 1,00        | 0,45               |
| 42130502 | 2G65  | 2,780456        | 0,000980 | 0,000920 | 0,003171 | 0,000000 | 18,00       | 7,22               |
| 42130503 | 2G67  | 0,012422        | 0,001012 | 0,000000 | 0,000651 | 0,003530 | 28,00       | 19,17              |

QUADRO B.1.2 Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos.

| TURMAS<br>ORDEM | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                 |           |           | FOLGAS DE INSUMOS |       | EXCESSOS DE PRODUTOS |       |       |       |
|-----------------|---------|-----------------------------------|-----------|-----------|-------------------|-------|----------------------|-------|-------|-------|
|                 | $q_0^*$ | T2G DE REFERÊNCIA ( $\lambda_k$ ) |           |           | SCAP              | SCE   | SMAT                 | SPOR  | SCIE  |       |
| 2G61            | 1,01    |                                   | 59 (1,00) |           | 0,00              | 0,00  | 32,10                | 48,15 | 0,00  |       |
| 2G64            | 1,01    | 59 (0,63)                         | 67 (0,37) |           | 155,00            | 0,00  | 1,10                 | 0,00  | 16,22 |       |
| 2G66            | 1,02    |                                   | 65 (1,00) |           | 0,00              | 0,00  | 37,41                | 44,82 | 0,00  |       |
| 2G14            | 1,03    | 11 (0,38)                         | 37 (0,53) | 65 (0,09) | 0,00              | 0,00  | 0,00                 | 9,75  | 0,00  |       |
| 2G44            | 1,04    |                                   | 37 (0,71) | 65 (0,29) | 0,00              | 0,00  | 0,00                 | 36,33 | 5,54  |       |
| 2G60            | 1,04    | 23 (0,12)                         | 37 (0,22) | 59 (0,16) | 67 (0,50)         | 0,00  | 0,00                 | 0,00  | 11,71 | 0,00  |
| 2G46            | 1,05    |                                   | 11 (0,64) | 37 (0,17) | 65 (0,19)         | 0,00  | 0,00                 | 8,86  | 0,00  | 0,00  |
| 2G10            | 1,06    |                                   | 37 (0,86) | 65 (0,14) |                   | 0,00  | 0,00                 | 43,07 | 0,00  | 1,46  |
| 2G40            | 1,07    | 3 (0,42)                          | 23 (0,19) | 37 (0,39) |                   | 87,07 | 0,00                 | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 2G63            | 1,07    |                                   |           | 67 (1,00) |                   | 40,00 | 0,00                 | 7,87  | 2,04  | 0,00  |
| 2G41            | 1,09    |                                   |           | 65 (1,00) |                   | 0,00  | 0,00                 | 57,85 | 81,96 | 0,00  |
| 2G15            | 1,10    |                                   | 29 (0,71) | 37 (0,29) |                   | 48,84 | 0,00                 | 6,25  | 0,00  | 0,00  |
| 2G26            | 1,10    |                                   | 11 (0,37) | 37 (0,30) | 65 (0,33)         | 0,00  | 0,00                 | 31,69 | 0,00  | 0,00  |
| 2G54            | 1,11    |                                   | 11 (0,14) | 37 (0,79) | 65 (0,07)         | 0,00  | 0,00                 | 41,98 | 0,00  | 0,00  |
| 2G12            | 1,12    |                                   |           | 59 (1,00) |                   | 90,00 | 0,00                 | 2,34  | 67,63 | 0,00  |
| 2G19            | 1,12    |                                   | 11 (0,27) | 37 (0,73) |                   | 0,00  | 0,00                 | 54,25 | 26,02 | 0,00  |
| 2G57            | 1,12    |                                   | 59 (0,62) | 67 (0,37) |                   | 15,00 | 0,00                 | 0,00  | 72,35 | 36,81 |
| 2G53            | 1,13    |                                   |           | 59 (1,00) |                   | 90,00 | 0,00                 | 14,27 | 27,62 | 0,00  |
| 2G55            | 1,13    |                                   |           | 59 (1,00) |                   | 90,00 | 0,00                 | 12,71 | 30,00 | 0,00  |
| 2G9             | 1,14    |                                   | 11 (0,67) | 67 (0,33) |                   | 0,00  | 0,00                 | 18,30 | 9,27  | 0,00  |

| TURMAS<br>ORDEM | ESCORE<br>$q_0^*$ | FACETAS E ARESTAS                   |           |           | FOLGAS DE INSUMOS |        | EXCESSOS DE PRODUTOS |       |       |
|-----------------|-------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-------------------|--------|----------------------|-------|-------|
|                 |                   | T2G DE REFERÊNCIA ( $\lambda_k^*$ ) |           |           | SCAP              | SCE    | SMAT                 | SPOR  | SCIE  |
| 2G18            | 1,14              | 11 (0,22)                           | 37 (0,37) | 65 (0,41) | 0,00              | 0,00   | 36,20                | 0,00  | 0,00  |
| 2G27            | 1,14              | 11 (0,38)                           | 37 (0,14) | 65 (0,15) | 67 (0,33)         | 0,00   | 0,00                 | 14,00 | 0,00  |
| 2G35            | 1,15              | 11 (0,26)                           | 37 (0,73) | 65 (0,01) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 25,32 | 0,00  |
| 2G34            | 1,16              |                                     |           | 67 (1,00) | 70,00             | 0,00   | 24,91                | 49,06 | 0,00  |
| 2G50            | 1,16              | 11 (0,38)                           | 37 (0,30) | 65 (0,33) | 0,00              | 0,00   | 41,72                | 0,00  | 0,00  |
| 2G47            | 1,17              |                                     |           | 65 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 35,59                | 6,40  | 0,00  |
| 2G31            | 1,18              |                                     | 23 (0,45) | 67 (0,55) | 0,00              | 0,00   | 38,83                | 74,38 | 0,00  |
| 2G7             | 1,19              | 4 (0,42)                            | 23 (0,26) | 37 (0,32) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 55,39 | 0,00  |
| 2G32            | 1,20              |                                     |           | 59 (1,00) | 90,00             | 0,00   | 0,00                 | 33,95 | 8,43  |
| 2G52            | 1,20              |                                     |           | 65 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 44,06                | 0,00  | 9,19  |
| 2G21            | 1,21              |                                     |           | 67 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 39,99                | 50,78 | 0,00  |
| 2G17            | 1,22              | 11 (0,33)                           | 37 (0,32) | 65 (0,35) | 0,00              | 0,00   | 23,88                | 0,00  | 0,00  |
| 2G33            | 1,22              |                                     |           | 59 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 66,26 | 16,24 |
| 2G38            | 1,22              |                                     |           | 67 (1,00) | 40,00             | 0,00   | 29,81                | 39,68 | 0,00  |
| 2G45            | 1,22              |                                     |           | 67 (1,00) | 130,00            | 0,00   | 42,94                | 30,96 | 0,00  |
| 2G39            | 1,23              |                                     |           | 67 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 25,02                | 75,32 | 0,00  |
| 2G6             | 1,24              | 4 (0,11)                            | 23 (0,63) | 37 (0,26) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 10,06 | 0,00  |
| 2G24            | 1,24              |                                     |           | 67 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 13,87 | 0,11  |
| 2G49            | 1,24              |                                     | 65 (0,37) | 67 (0,63) | 51,15             | 251,28 | 0,00                 | 13,22 | 0,00  |
| 2G43            | 1,25              |                                     |           | 67 (1,00) | 20,00             | 0,00   | 50,71                | 0,00  | 19,57 |
| 2G5             | 1,25              |                                     | 4 (0,70)  | 37 (0,30) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 3,60  | 32,41 |
| 2G2             | 1,27              |                                     | 59 (0,63) | 67 (0,37) | 45,00             | 0,00   | 0,00                 | 40,20 | 56,91 |
| 2G13            | 1,28              |                                     | 37 (0,86) | 65 (0,14) | 0,00              | 0,00   | 6,90                 | 0,00  | 11,51 |



| TURMAS<br>ORDEM | ESCORE<br>$q_0^*$ | FACETAS E ARESTAS                 |                     | FOLGAS DE INSUMOS |        | EXCESSOS DE PRODUTOS |       |       |
|-----------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|--------|----------------------|-------|-------|
|                 |                   | T2G DE REFERÊNCIA ( $\lambda_k$ ) |                     | SCAP              | SCE    | SMAT                 | SPOR  | SCIE  |
| 2G48            | 1,28              | 23 (0,45)                         | 67 (0,55)           | 0,00              | 0,00   | 28,92                | 25,72 | 0,00  |
| 2G56            | 1,30              |                                   | 67 (1,00)           | 0,00              | 0,00   | 22,80                | 0,00  | 8,81  |
| 2G42            | 1,31              |                                   | 67 (1,00)           | 70,00             | 0,00   | 0,00                 | 60,75 | 17,67 |
| 2G25            | 1,33              | 37 (0,32)                         | 65 (0,35) 67 (0,33) | 0,00              | 0,00   | 0,78                 | 0,00  | 1,38  |
| 2G8             | 1,36              | 4 (0,50)                          | 37 (0,50)           | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 25,53 | 42,29 |
| 2G22            | 1,37              | 62 (0,45)                         | 67 (0,55)           | 98,18             | 0,00   | 0,32                 | 25,40 | 0,00  |
| 2G28            | 1,40              | 59 (0,62)                         | 67 (0,37)           | 105,00            | 0,00   | 21,82                | 34,29 | 0,00  |
| 2G51            | 1,43              |                                   | 67 (1,00)           | 0,00              | 400,00 | 3,40                 | 32,28 | 0,00  |
| 2G36            | 1,48              |                                   | 67 (1,00)           | 130,00            | 0,00   | 7,93                 | 54,64 | 0,00  |
| 2G30            | 1,49              |                                   | 67 (1,00)           | 20,00             | 0,00   | 37,85                | 0,00  | 21,52 |
| 2G16            | 1,50              | 23 (0,45)                         | 67 (0,55)           | 0,00              | 0,00   | 20,27                | 38,77 | 0,00  |
| 2G1             | 1,82              | 59 (0,62)                         | 67 (0,37)           | 45,00             | 0,00   | 25,32                | 17,37 | 0,00  |
| 2G20            | 1,99              |                                   | 67 (1,00)           | 70,00             | 0,00   | 0,00                 | 44,64 | 6,78  |

| ESTATÍSTICAS | $q_0^*$ | SCAP   | SCE    | SMAT  | SPOR  | SCIE  |
|--------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| MÍNIMO       | 1,00    | 1,00   | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
| QUARTIL 1    | 1,12    | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| MEDIANA      | 1,20    | 0,00   | 0,00   | 13,36 | 25,36 | 0,00  |
| QUARTIL 3    | 1,27    | 49,42  | 0,00   | 32,97 | 41,31 | 5,85  |
| MÁXIMO       | 1,99    | 155,00 | 400,00 | 57,85 | 81,96 | 56,91 |
| MÉDIA        | 1,22    | 28,58  | 11,63  | 17,75 | 25,28 | 5,59  |
| DESV. PADRÃO | 0,18    | 42,79  | 62,61  | 17,94 | 24,80 | 11,92 |

QUADRO B.2.1. Resultados do Modelo BCC para os professores eficazes na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior: multiplicadores, frequência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências.

| TURMAS   |       | MULTIPLICADORES |          |          |          |          | REFERÊNCIAS |                    |
|----------|-------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-------------|--------------------|
| TURMA    | ORDEM | $v_1$           | $v_2$    | $\mu_1$  | $\mu_2$  | $\mu_3$  | FREQÜ.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| 43134001 | SUP5  | 0,097621        | 0,001613 | 0,004339 | 0,000000 | 0,000000 | 3           | 1,50               |
| 42131701 | SUP20 | 0,000000        | 0,003333 | 0,000918 | 0,000000 | 0,004133 | 3           | 0,64               |
| 43134806 | SUP26 | 0,005000        | 0,003333 | 0,000185 | 0,000138 | 0,004720 | 8           | 3,28               |
| 42218202 | SUP31 | 0,002105        | 0,003684 | 0,000007 | 0,005099 | 0,000004 | 10          | 3,43               |
| 41129004 | SUP33 | 0,227708        | 0,001613 | 0,000000 | 0,004279 | 0,000759 | 4           | 1,87               |
| 41128703 | SUP37 | 0,031478        | 0,001105 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004173 | 30          | 17,59              |
| 41128801 | SUP41 | 0,027081        | 0,001176 | 0,000000 | 0,004354 | 0,000000 | 0           | 0,00               |
| 41215704 | SUP46 | 0,002305        | 0,001501 | 0,000000 | 0,003276 | 0,000602 | 7           | 3,19               |
| 43220701 | SUP48 | 0,033333        | 0,000000 | 0,002704 | 0,001289 | 0,000180 | 1           | 0,34               |
| 42130501 | SUP49 | 0,002072        | 0,000554 | 0,000000 | 0,000286 | 0,003279 | 9           | 4,48               |
| 41215604 | SUP50 | 0,010000        | 0,000000 | 0,003904 | 0,000000 | 0,000000 | 5           | 2,31               |

QUADRO B.2.2 Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira do Professores Com Formação de Nível Superior: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos.

| TURMAS | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                      |           |           | FOLGAS DE INSUMOS |        | EXCESSOS DE PRODUTOS |       |       |      |
|--------|---------|--|-----------|-----------|-------------------|--------|----------------------|-------|-------|------|
| ORDEM  | $q_0^*$ | TURSUP DE REFERÊNCIA ( $\lambda_k^*$ ) |           |           | SCAP              | SCE    | SMAT                 | SPOR  | SCIE  |      |
| SUP16  | 1,01    | 26 (0,40)                              | 31 (0,16) | 37 (0,44) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 30,90 | 26,36 |      |
| SUP34  | 1,01    |  | 31 (0,73) | 37 (0,27) | 90,91             | 0,00   | 0,00                 | 5,87  | 3,57  |      |
| SUP47  | 1,02    | 48 (0,34)                              | 49 (0,22) | 50 (0,44) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 0,94  |      |
| SUP18  | 1,03    |  | 5 (0,88)  | 33 (0,12) | 0,00              | 400,00 | 26,20                | 0,00  | 0,00  |      |
| SUP43  | 1,04    |  | 37 (0,01) | 46 (0,99) | 180,22            | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 25,76 |      |
| SUP19  | 1,05    |  |           | 31 (1,00) | 50,00             | 0,00   | 2,73                 | 24,56 | 0,00  |      |
| SUP17  | 1,06    | 20 (0,35)                              | 31 (0,47) | 37 (0,18) | 59,00             | 0,00   | 0,00                 | 4,51  | 0,00  |      |
| SUP23  | 1,06    |  | 5 (0,46)  | 33 (0,54) | 0,00              | 0,00   | 6,78                 | 0,00  | 0,00  |      |
| SUP28  | 1,07    | 26 (0,60)                              | 31 (0,02) | 37 (0,23) | 46 (0,15)         | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 13,38 |      |
| SUP36  | 1,07    | 26 (0,40)                              | 31 (0,16) | 37 (0,44) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 29,78 | 26,45 |      |
| SUP42  | 1,07    |  |           | 37 (1,00) | 150,00            | 0,00   | 0,00                 | 8,44  | 17,53 |      |
| SUP44  | 1,09    |  |           | 49 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 28,80 | 58,38 |      |
| SUP45  | 1,09    |  |           | 49 (1,00) | 0,00              | 480,00 | 0,00                 | 16,58 | 41,00 |      |
| SUP10  | 1,10    |  |           | 37 (1,00) | 20,00             | 0,00   | 0,00                 | 10,24 | 46,35 |      |
| SUP30  | 1,10    |  |           | 33 (1,00) | 0,00              | 0,00   | 8,63                 | 0,00  | 11,52 |      |
| SUP12  | 1,11    | 26 (0,40)                              | 31 (0,16) | 37 (0,44) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 7,00  | 24,32 |      |
| SUP40  | 1,11    | 37 (0,44)                              | 49 (0,36) | 50 (0,20) | 0,00              | 655,17 | 0,00                 | 4,12  | 0,00  |      |
| SUP7   | 1,12    | 26 (0,40)                              | 31 (0,16) | 37 (0,44) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 9,85  | 16,49 |      |
| SUP22  | 1,13    | 20 (0,00)                              | 26 (0,41) | 31 (0,15) | 37 (0,43)         | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 16,45 | 0,00 |

| TURMAS | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                      |           |                     | FOLGAS DE INSUMOS |        | EXCESSOS DE PRODUTOS |       |       |
|--------|---------|--|-----------|---------------------|-------------------|--------|----------------------|-------|-------|
| ORDEM  | $q_0^*$ | TURSUP DE REFERÊNCIA ( $\lambda_k^*$ ) |           |                     | SCAP              | SCE    | SMAT                 | SPOR  | SCIE  |
| SUP35  | 1,13    | 37 (0,01)                              | 46 (0,99) |                     | 40,19             | 0,00   | 6,53                 | 0,00  | 0,00  |
| SUP15  | 1,15    | 5 (0,16)                               | 26 (0,63) | 33 (0,21)           | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 19,37 |
| SUP11  | 1,16    |  |           | 37 (1,00)           | 60,00             | 0,00   | 0,00                 | 32,16 | 33,02 |
| SUP21  | 1,16    |  |           | 37 (1,00)           | 40,00             | 0,00   | 0,00                 | 37,05 | 50,16 |
| SUP32  | 1,16    | 20 (0,29)                              | 26 (0,04) | 31 (0,21) 37 (0,45) | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 11,25 | 0,00  |
| SUP38  | 1,17    | 37 (0,19)                              | 49 (0,15) | 50 (0,66)           | 0,00              | 554,10 | 0,00                 | 18,43 | 0,00  |
| SUP3   | 1,19    |  |           | 37 (0,80) 46 (0,20) | 196,09            | 0,00   | 7,29                 | 0,00  | 0,00  |
| SUP14  | 1,19    | 37 (0,56)                              | 49 (0,19) | 50 (0,25)           | 0,00              | 225,08 | 0,00                 | 22,82 | 0,00  |
| SUP29  | 1,19    |  |           | 37 (0,89) 46 (0,11) | 17,80             | 0,00   | 10,80                | 0,00  | 0,00  |
| SUP39  | 1,21    |  |           | 37 (0,56) 46 (0,44) | 81,28             | 0,00   | 2,60                 | 0,00  | 0,00  |
| SUP1   | 1,26    |  |           | 37(1,00)            | 20,00             | 0,00   | 0,00                 | 27,63 | 55,75 |
| SUP2   | 1,26    |  |           | 37 (1,00)           | 0,00              | 880,00 | 0,00                 | 42,56 | 39,72 |
| SUP8   | 1,26    |  |           | 37 (1,00)           | 0,00              | 400,00 | 0,84                 | 16,15 | 0,00  |
| SUP24  | 1,26    |  |           | 37 (1,00)           | 40,00             | 0,00   | 37,07                | 21,41 | 0,00  |
| SUP27  | 1,26    |  |           | 49 (1,00)           | 0,00              | 0,00   | 0,00                 | 38,89 | 15,42 |
| SUP25  | 1,27    |  |           | 37 (1,00)           | 40,00             | 0,00   | 0,00                 | 32,05 | 3,52  |
| SUP4   | 1,28    |  |           | 37 (0,69) 46 (0,31) | 83,79             | 0,00   | 0,00                 | 0,00  | 9,69  |
| SUP9   | 1,36    |  |           | 37 (1,00)           | 0,00              | 400,00 | 0,00                 | 16,16 | 13,90 |
| SUP13  | 1,39    |  |           | 37 (0,55) 49 (0,45) | 0,00              | 700,00 | 14,44                | 3,39  | 0,00  |
| SUP6   | 1,43    | 37 (0,13)                              | 49 (0,11) | 50 (0,76)           | 0,00              | 52,30  | 0,00                 | 30,36 | 0,00  |

(Conclusão do QUADRO B.2.2)

| ESTATÍSTICAS | q <sub>0</sub> | SCAP   | SCE    | SMAT  | SPOR  | SCIE  |
|--------------|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| MÍNIMO       | 1,01           | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| QUARTIL 1    | 1,07           | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| MEDIANA      | 1,13           | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 10,24 | 3,57  |
| QUARTIL 3    | 1,24           | 40,10  | 26,15  | 1,72  | 26,10 | 25,04 |
| MÁXIMO       | 1,43           | 196,09 | 880,00 | 37,07 | 42,56 | 58,38 |
| MÉDIA        | 1,16           | 29,98  | 121,71 | 3,18  | 14,04 | 14,17 |
| DESV. PADRÃO | 0,11           | 50,62  | 239,89 | 7,65  | 13,53 | 17,89 |

QUADRO B.3.1. Resultados do Modelo BCC para a Fronteira Global: multiplicadores, frequência com que os professores eficazes são referenciados e somatório dos pesos nas composições das referências.

| TURMAS  |       | MULTIPLICADORES |          |          |          |          | REFERÊNCIAS |                    |
|---------|-------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-------------|--------------------|
| ORDEM   | GRUPO | $v_1$           | $v_2$    | $\mu_1$  | $\mu_2$  | $\mu_3$  | FREQU.      | $\sum_k \lambda_k$ |
| GLOB3   | 2G3   | 0,000000        | 0,005556 | 0,002691 | 0,000483 | 0,001834 | 2           | 0,81               |
| GLOB4   | 2G4   | 0,000413        | 0,005326 | 0,004602 | 0,000000 | 0,000000 | 4           | 1,73               |
| GLOB23  | 2G23  | 0,000747        | 0,005431 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004895 | 11          | 2,85               |
| GLOB29  | 2G29  | 0,000366        | 0,005495 | 0,000000 | 0,004453 | 0,000831 | 1           | 0,23               |
| GLOB37  | 2G37  | 0,022222        | 0,005556 | 0,003977 | 0,000897 | 0,000034 | 26          | 10,19              |
| GLOB59  | 2G59  | 0,001084        | 0,003080 | 0,000000 | 0,003397 | 0,000815 | 40          | 19,4               |
| GLOB65  | 2G65  | 1180585,977595  | 0,000980 | 0,001156 | 0,002901 | 0,000000 | 32          | 15,74              |
| GLOB67  | 2G67  | 0,009189        | 0,001168 | 0,001912 | 0,001651 | 0,000332 | 35          | 16,51              |
| GLOB72  | SUP5  | 0,099941        | 0,001613 | 0,000893 | 0,000000 | 0,003787 | 7           | 3,66               |
| GLOB93  | SUP26 | 0,176140        | 0,003333 | 0,000000 | 0,000000 | 0,004987 | 10          | 3,93               |
| GLOB98  | SUP31 | 0,000000        | 0,005556 | 0,000000 | 0,005109 | 0,000000 | 1           | 0,31               |
| GLOB104 | SUP37 | 0,034795        | 0,001052 | 0,000000 | 0,000178 | 0,004009 | 27          | 13,54              |
| GLOB113 | SUP46 | 0,011628        | 0,001050 | 0,000000 | 0,003808 | 0,000000 | 10          | 4,8                |
| GLOB116 | SUP49 | 0,000000        | 0,000980 | 0,000000 | 0,000000 | 0,003546 | 35          | 9,89               |

QUADRO B.3.2. Resultados do modelo BCC para os professores não-eficazes e resumo estatístico dos resultados referentes à Fronteira Global: facetas e arestas de referência, excessos de insumos e folgas de produtos.

| TURMAS  |       | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                     |            |            | EXCESSOS   |        | FOLGAS |       |       |
|---------|-------|---------|---------------------------------------|------------|------------|------------|--------|--------|-------|-------|
| ORDEM   | GRUPO | $q_0^*$ | TGLOB DE REFERÊNCIA ( $\lambda^*_k$ ) |            |            | SCAP       | SCE    | SMAT   | SPOR  | SCIE  |
| GLOB108 | SUP41 | 1,01    | 37 (0,32)                             | 65 (0,35)  | 113 (0,33) | 0,00       | 0,00   | 23,25  | 0,00  | 23,47 |
| GLOB61  | 2G61  | 1,01    |                                       |            | 59 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 32,10  | 48,15 | 0,00  |
| GLOB115 | SUP48 | 1,01    | 67 (0,50)                             | 104 (0,45) | 116 (0,05) | 0,00       | 379,90 | 9,60   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB64  | 2G64  | 1,01    | 59 (0,63)                             | 67 (0,35)  | 113 (0,02) | 155,00     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 15,91 |
| GLOB11  | 2G11  | 1,02    |                                       |            | 72 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 25,92  | 43,28 | 0,00  |
| GLOB66  | 2G66  | 1,02    |                                       |            | 65 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 37,41  | 44,82 | 0,00  |
| GLOB58  | 2G58  | 1,03    |                                       | 65 (0,55)  | 116 (0,45) | 115,29     | 480,00 | 0,00   | 10,54 | 0,00  |
| GLOB110 | SUP43 | 1,04    |                                       | 67 (0,01)  | 113 (0,99) | 180,00     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 25,45 |
| GLOB44  | 2G44  | 1,04    |                                       | 37 (0,71)  | 65 (0,29)  | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 36,33 | 5,54  |
| GLOB60  | 2G60  | 1,04    | 37 (0,27)                             | 59 (0,26)  | 67 (0,36)  | 104 (0,12) | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 10,93 |
| GLOB14  | 2G14  | 1,05    |                                       | 37 (0,36)  | 72 (0,51)  | 93 (0,13)  | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 14,34 |
| GLOB117 | SUP50 | 1,05    |                                       | 65 (0,51)  | 67 (0,01)  | 116 (0,47) | 0,00   | 5,75   | 0,00  | 15,73 |
| GLOB10  | 2G10  | 1,06    |                                       | 37 (0,86)  | 65 (0,14)  | 0,00       | 0,00   | 43,07  | 0,00  | 1,46  |
| GLOB100 | SUP33 | 1,07    |                                       | 37 (0,48)  | 65 (0,52)  | 0,00       | 0,00   | 27,74  | 0,00  | 4,28  |
| GLOB40  | 2G40  | 1,07    |                                       | 3 (0,42)   | 23 (0,19)  | 37 (0,39)  | 87,07  | 0,00   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB114 | SUP47 | 1,07    |                                       | 65 (0,12)  | 67 (0,47)  | 116 (0,41) | 0,00   | 187,46 | 0,00  | 1,16  |
| GLOB46  | 2G46  | 1,08    |                                       |            | 72 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 19,24  | 11,09 | 0,00  |
| GLOB62  | 2G62  | 1,08    |                                       |            | 116 (1,00) | 0,00       | 480,00 | 4,52   | 0,00  | 18,87 |
| GLOB63  | 2G63  | 1,08    | 59 (0,11)                             | 67 (0,71)  | 113 (0,09) | 116 (0,09) | 19,31  | 0,00   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB41  | 2G41  | 1,09    |                                       |            | 65 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 57,85  | 81,96 | 0,00  |
| GLOB112 | SUP45 | 1,10    |                                       | 65 (0,59)  | 116 (0,41) | 123,30     | 480,00 | 0,00   | 0,00  | 3,02  |
| GLOB85  | SUP18 | 1,10    |                                       |            | 65 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 58,35  | 48,77 | 0,00  |

| TURMAS  |       | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                           |            |            | EXCESSOS   |        | FOLGAS |       |       |
|---------|-------|---------|---|------------|------------|------------|--------|--------|-------|-------|
| ORDEM   | GRUPO | $q_0^*$ | TURGLOB DE REFERÊNCIA ( $\lambda, \kappa$ ) |            |            | SCAP       | SCE    | SMAT   | SPOR  | SCIE  |
| GLOB111 | SUP44 | 1,10    | 65 (0,90)                                   | 116 (0,10) |            | 189,92     | 0,00   | 0,00   | 3,35  | 0,00  |
| GLOB15  | 2G15  | 1,11    | 23 (0,46)                                   | 29 (0,23)  | 98 (0,31)  | 0,00       | 0,00   | 0,76   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB90  | SUP23 | 1,11    | 37 (0,11)                                   | 65 (0,46)  | 93 (0,43)  | 0,00       | 0,00   | 2,63   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB12  | 2G12  | 1,12    |   |            | 59 (1,00)  | 90,00      | 0,00   | 2,34   | 67,63 | 0,00  |
| GLOB57  | 2G57  | 1,12    | 59 (0,62)                                   | 67 (0,37)  |            | 15,00      | 0,00   | 0,00   | 72,35 | 36,81 |
| GLOB54  | 2G54  | 1,13    | 37 (0,62)                                   | 65 (0,10)  | 93 (0,28)  | 0,00       | 0,00   | 32,83  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB86  | SUP19 | 1,13    | 3 (0,39)                                    | 23 (0,01)  | 37 (0,60)  | 147,14     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB26  | 2G26  | 1,13    | 65 (0,29)                                   | 72 (0,35)  | 93 (0,36)  | 0,00       | 0,00   | 21,37  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB55  | 2G55  | 1,13    |   |            | 59 (1,00)  | 90,00      | 0,00   | 12,71  | 30,00 | 0,00  |
| GLOB53  | 2G53  | 1,13    |   |            | 59 (1,00)  | 90,00      | 0,00   | 14,27  | 27,62 | 0,00  |
| GLOB102 | SUP35 | 1,13    | 59 (0,01)                                   | 113 (0,99) | 116 (0,01) | 38,53      | 0,00   | 6,65   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB107 | SUP40 | 1,13    | 67 (0,29)                                   | 104 (0,29) | 116 (0,42) | 0,00       | 711,48 | 0,00   | 7,52  | 0,00  |
| GLOB87  | SUP20 | 1,14    |   |            | 59 (1,00)  | 140,00     | 0,00   | 13,85  | 76,61 | 0,00  |
| GLOB18  | 2G18  | 1,16    | 37 (0,11)                                   | 65 (0,46)  | 93 (0,42)  | 0,00       | 0,00   | 21,86  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB95  | SUP28 | 1,16    | 23 (0,13)                                   | 37 (0,31)  | 59 (0,01)  | 104 (0,54) | 0,00   | 0,00   | 11,35 | 0,00  |
| GLOB35  | 2G35  | 1,17    | 37 (0,64)                                   | 72 (0,24)  | 93 (0,12)  | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 32,03 | 0,00  |
| GLOB97  | SUP30 | 1,17    |   | 37 (0,48)  | 65 (0,52)  | 0,00       | 0,00   | 36,94  | 0,00  | 16,56 |
| GLOB109 | SUP42 | 1,17    | 59 (0,21)                                   | 67 (0,61)  | 116 (0,17) | 90,63      | 0,00   | 0,00   | 20,62 | 0,00  |
| GLOB47  | 2G47  | 1,17    |   |            | 65 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 35,59  | 6,40  | 0,00  |
| GLOB19  | 2G19  | 1,18    |   |            | 93 (1,00)  | 0,00       | 0,00   | 11,26  | 5,57  | 0,00  |
| GLOB101 | SUP34 | 1,18    |   |            | 59 (1,00)  | 140,00     | 0,00   | 0,00   | 10,39 | 5,54  |
| GLOB50  | 2G50  | 1,19    | 65 (0,28)                                   | 72 (0,38)  | 93 (0,35)  | 0,00       | 0,00   | 32,25  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB83  | SUP16 | 1,19    | 37 (0,27)                                   | 59 (0,25)  | 67 (0,37)  | 104 (0,10) | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 39,34 |
| GLOB7   | 2G7   | 1,19    | 4 (0,42)                                    | 23 (0,26)  | 37 (0,32)  | 0,00       | 0,00   | 0,00   | 55,39 | 0,00  |



| TURMAS  |       | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                           |           |            |            | EXCESSOS |        | FOLGAS |       |       |
|---------|-------|---------|---|-----------|------------|------------|----------|--------|--------|-------|-------|
| ORDEM   | GRUPO | $q_0^*$ | TURGLOB DE REFERÊNCIA ( $\lambda, \kappa$ ) |           |            |            | SCAP     | SCE    | SMAT   | SPOR  | SCIE  |
| GLOB96  | SUP29 | 1,20    | 59 (0,08)                                   | 67 (0,07) | 104 (0,78) | 116 (0,07) | 0,00     | 0,00   | 14,41  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB89  | SUP22 | 1,20    |   | 23 (0,28) | 59 (0,24)  | 104 (0,48) | 0,00     | 0,00   | 10,80  | 29,88 | 0,00  |
| GLOB52  | 2G52  | 1,20    |   |           |            | 65 (1,00)  | 0,00     | 0,00   | 44,06  | 0,00  | 9,19  |
| GLOB32  | 2G32  | 1,20    |   |           |            | 59 (1,00)  | 90,00    | 0,00   | 0,00   | 33,95 | 8,43  |
| GLOB31  | 2G31  | 1,21    |   | 23 (0,28) | 59 (0,24)  | 104 (0,48) | 0,00     | 0,00   | 30,44  | 64,70 | 0,00  |
| GLOB77  | SUP10 | 1,21    |   |           |            | 67 (1,00)  | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 20,43 | 23,31 |
| GLOB34  | 2G34  | 1,21    |   | 59 (0,41) | 104 (0,26) | 116 (0,33) | 0,00     | 0,00   | 0,74   | 29,57 | 0,00  |
| GLOB33  | 2G33  | 1,22    |   |           |            | 59 (1,00)  | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 66,26 | 16,24 |
| GLOB81  | SUP14 | 1,22    |   | 67 (0,36) | 104 (0,38) | 116 (0,26) | 0,00     | 294,21 | 0,00   | 27,59 | 0,00  |
| GLOB84  | SUP17 | 1,23    |   |           |            | 59 (1,00)  | 140,00   | 0,00   | 3,99   | 33,96 | 0,00  |
| GLOB105 | SUP38 | 1,24    |   |           | 65 (0,54)  | 116 (0,46) | 3,83     | 480,00 | 0,00   | 16,55 | 0,00  |
| GLOB21  | 2G21  | 1,24    |   | 59 (0,09) | 104 (0,84) | 116 (0,07) | 0,00     | 0,00   | 13,27  | 19,60 | 0,00  |
| GLOB6   | 2G6   | 1,24    |   | 4 (0,11)  | 23 (0,63)  | 37 (0,26)  | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 10,06 | 0,00  |
| GLOB24  | 2G24  | 1,24    |   |           |            | 67 (1,00)  | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 13,87 | 0,11  |
| GLOB5   | 2G5   | 1,25    |   |           | 4 (0,70)   | 37 (0,30)  | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 3,60  | 32,41 |
| GLOB27  | 2G27  | 1,25    | 37 (0,04)                                   | 65 (0,05) | 67 (0,05)  | 104 (0,86) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 8,50  | 0,00  |
| GLOB39  | 2G39  | 1,25    | 59 (0,08)                                   | 67 (0,07) | 104 (0,77) | 116 (0,07) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 46,90 | 0,00  |
| GLOB17  | 2G17  | 1,25    |   | 65 (0,37) | 72 (0,18)  | 93 (0,46)  | 0,00     | 0,00   | 9,04   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB70  | SUP3  | 1,25    |   |           | 59 (0,56)  | 116 (0,44) | 77,78    | 0,00   | 14,15  | 9,62  | 0,00  |
| GLOB49  | 2G49  | 1,26    |   |           | 65 (0,77)  | 116 (0,23) | 21,98    | 0,00   | 0,00   | 6,03  | 0,00  |
| GLOB75  | SUP8  | 1,26    |   |           |            | 104 (1,00) | 0,00     | 400,00 | 0,84   | 16,15 | 0,00  |
| GLOB9   | 2G9   | 1,26    |   |           |            | 104 (1,00) | 0,00     | 0,00   | 13,33  | 42,50 | 0,00  |
| GLOB106 | SUP39 | 1,26    | 59 (0,39)                                   | 67 (0,25) | 104 (0,05) | 116 (0,31) | 0,00     | 0,00   | 16,28  | 0,00  | 0,00  |
| GLOB94  | SUP27 | 1,26    |   |           | 65 (0,24)  | 116 (0,76) | 49,90    | 0,00   | 0,00   | 32,22 | 0,00  |
| GLOB103 | SUP36 | 1,26    | 37 (0,27)                                   | 59 (0,25) | 67 (0,38)  | 104 (0,10) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 38,05 | 0,00  |

| TURMAS |       | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                           |            |            |            | EXCESSOS |        | FOLGAS |       |       |
|--------|-------|---------|---|------------|------------|------------|----------|--------|--------|-------|-------|
| ORDEM  | GRUPO | $q_0^*$ | TURGLOB DE REFERÊNCIA ( $\lambda, \kappa$ ) |            |            |            | SCAP     | SCE    | SMAT   | SPOR  | SCIE  |
| GLOB38 | 2G38  | 1,27    | 59 (0,27)                                   | 104 (0,51) | 116 (0,22) | 0,00       | 0,00     | 4,59   | 14,83  | 0,00  |       |
| GLOB2  | 2G2   | 1,27    |   | 59 (0,62)  | 67 (0,37)  | 45,00      | 0,00     | 0,00   | 40,20  | 56,91 |       |
| GLOB82 | SUP15 | 1,27    | 37 (0,39)                                   | 65 (0,23)  | 93 (0,38)  | 0,00       | 0,00     | 1,71   | 0,00   | 0,00  |       |
| GLOB13 | 2G13  | 1,28    |   | 37 (0,86)  | 65 (0,14)  | 0,00       | 0,00     | 6,90   | 0,00   | 11,51 |       |
| GLOB74 | SUP7  | 1,28    | 23 (0,05)                                   | 37 (0,15)  | 59 (0,34)  | 104 (0,45) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 12,83 | 0,00  |
| GLOB91 | SUP24 | 1,28    | 59 (0,18)                                   | 104 (0,67) | 116 (0,15) |            | 0,00     | 0,00   | 39,31  | 28,22 | 0,00  |
| GLOB78 | SUP11 | 1,28    |   |            | 67 (1,00)  |            | 40,00    | 0,00   | 0,00   | 44,62 | 8,58  |
| GLOB88 | SUP21 | 1,28    |   |            | 67 (1,00)  |            | 20,00    | 0,00   | 0,00   | 50,03 | 27,52 |
| GLOB99 | SUP32 | 1,29    |   | 59 (0,83)  | 116 (0,17) |            | 6,67     | 0,00   | 7,98   | 45,44 | 0,00  |
| GLOB45 | 2G45  | 1,29    |   | 59 (0,56)  | 116 (0,44) |            | 27,78    | 0,00   | 21,15  | 15,79 | 0,00  |
| GLOB79 | SUP12 | 1,30    | 37 (0,25)                                   | 59 (0,28)  | 67 (0,28)  | 104 (0,19) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 10,77 | 0,00  |
| GLOB43 | 2G43  | 1,30    |   |            | 113 (1,00) |            | 20,00    | 0,00   | 2,81   | 0,00  | 5,92  |
| GLOB92 | SUP25 | 1,31    | 59 (0,18)                                   | 67 (0,07)  | 104 (0,61) | 116 (0,14) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 38,39 | 0,00  |
| GLOB48 | 2G48  | 1,31    | 23 (0,28)                                   | 59 (0,24)  | 104 (0,48) |            | 0,00     | 0,00   | 20,34  | 15,06 | 0,00  |
| GLOB42 | 2G42  | 1,31    |   |            | 67 (1,00)  |            | 70,00    | 0,00   | 0,00   | 60,75 | 17,67 |
| GLOB56 | 2G56  | 1,33    |   | 67 (0,53)  | 113 (0,47) |            | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 2,26  |
| GLOB25 | 2G25  | 1,33    | 37 (0,32)                                   | 65 (0,35)  | 67 (0,32)  | 113 (0,02) | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 1,16  |
| GLOB8  | 2G8   | 1,36    |   | 4 (0,50)   | 37 (0,50)  |            | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 25,53 | 42,29 |
| GLOB71 | SUP4  | 1,38    | 59 (0,38)                                   | 67 (0,20)  | 113 (0,11) | 116 (0,30) | 0,00     | 0,00   | 0,10   | 0,00  | 0,00  |
| GLOB80 | SUP13 | 1,39    |   | 104 (0,55) | 116 (0,45) |            | 0,00     | 700,00 | 14,44  | 3,39  | 0,00  |
| GLOB68 | SUP1  | 1,40    |   |            | 67 (1,00)  |            | 0,00     | 0,00   | 0,00   | 39,63 | 33,68 |
| GLOB76 | SUP9  | 1,41    | 65 (0,22)                                   | 67 (0,11)  | 104 (0,67) |            | 0,00     | 312,75 | 0,00   | 15,00 | 0,00  |

| TURMAS |       | ESCORE  | FACETAS E ARESTAS                           |            |            | EXCESSOS |        | FOLGAS |       |       |
|--------|-------|---------|---|------------|------------|----------|--------|--------|-------|-------|
| ORDEM  | GRUPO | $q_0^*$ | TURGLOB DE REFERÊNCIA ( $\lambda, \kappa$ ) |            |            | SCAP     | SCE    | SMAT   | SPOR  | SCIE  |
| GLOB69 | SUP2  | 1,42    | 65 (0,69)                                   | 67 (0,30)  | 116 (0,00) | 0,00     | 601,20 | 0,00   | 41,75 | 0,00  |
| GLOB28 | 2G28  | 1,43    |   | 59 (0,83)  | 116 (0,17) | 66,67    | 0,00   | 13,30  | 28,71 | 0,00  |
| GLOB51 | 2G51  | 1,44    | 67 (0,89)                                   | 104 (0,10) | 116 (0,01) | 0,00     | 395,43 | 0,00   | 28,35 | 0,00  |
| GLOB22 | 2G22  | 1,45    |   | 65 (0,45)  | 116 (0,55) | 94,11    | 0,00   | 0,00   | 15,30 | 0,00  |
| GLOB36 | 2G36  | 1,51    | 59 (0,18)                                   | 67 (0,67)  | 116 (0,15) | 96,05    | 0,00   | 0,00   | 50,07 | 0,00  |
| GLOB73 | SUP6  | 1,52    |   | 65 (0,61)  | 116 (0,39) | 17,58    | 0,00   | 0,00   | 27,95 | 0,00  |
| GLOB16 | 2G16  | 1,53    | 23 (0,28)                                   | 59 (0,24)  | 104 (0,48) | 0,00     | 0,00   | 11,52  | 28,38 | 0,00  |
| GLOB30 | 2G30  | 1,54    |   | 67 (0,22)  | 113 (0,78) | 20,00    | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 10,91 |
| GLOB1  | 2G1   | 1,86    |   | 59 (0,83)  | 116 (0,17) | 6,67     | 0,00   | 16,88  | 11,40 | 0,00  |
| GLOB20 | 2G20  | 1,99    |   |            | 67 (1,00)  | 70,00    | 0,00   | 0,00   | 44,64 | 6,78  |

| ESTATÍSTICAS | $q_0$ | SCAP   | SCE    | SMAT  | SPOR  | SCIE  |
|--------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| MÍNIMO       | 1,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| MÁXIMO       | 1,99  | 189,92 | 711,48 | 58,35 | 81,96 | 56,91 |
| MÉDIA        | 1,22  | 26,17  | 57,36  | 9,01  | 20,51 | 4,74  |
| DESV. PADR.  | 0,16  | 47,34  | 160,29 | 13,70 | 21,39 | 10,44 |
| MEDIANA      | 1,21  | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 14,34 | 0,00  |
| QUARTIL 1    | 1,12  | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| QUARTIL 3    | 1,28  | 26,33  | 0,00   | 13,72 | 35,74 | 2,06  |

## APÊNDICE C. RAZÕES ENTRE MULTIPLICADORES

QUADRO C.1. Razões entre os multiplicadores na Fronteira dos Professores Sem Formação de Nível Superior.

| TURMAS |             | RAZÕES ENTRE MULTIPLICADORES |             |             |             |             |               |               |               |
|--------|-------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| ORDEM  | $\mu_1/v_1$ | $\mu_1/v_2$                  | $\mu_2/v_1$ | $\mu_2/v_2$ | $\mu_3/v_1$ | $\mu_3/v_2$ | $\mu_1/\mu_2$ | $\mu_1/\mu_3$ | $\mu_2/\mu_3$ |
| 2G3    |             | 0,4844                       |             | 0,0869      |             | 0,3302      | 5,5730        | 1,4671        | 0,2632        |
| 2G4    | 26,5000     | 0,8429                       | 0,0000      | 0,0000      | 0,0000      | 0,0000      |               |               |               |
| 2G11   | 0,0000      | 0,0000                       | 0,0000      | 0,0000      | 0,1090      | 3,0050      |               | 0,0000        | 0,0000        |
| 2G23   | 0,0000      | 0,0000                       | 0,0000      | 0,0000      | 1,3329      | 0,9903      |               | 0,0000        | 0,0000        |
| 2G29   |             | 0,0000                       |             | 0,8371      |             | 0,1150      | 0,0000        | 0,0000        | 7,2774        |
| 2G37   | 0,1746      | 0,6984                       | 0,0437      | 0,1747      | 0,0030      | 0,0122      | 3,9973        | 57,2943       | 14,3331       |
| 2G58   | 0,5663      | 2,7464                       | 0,0000      | 0,0000      | 1,5445      | 7,4902      |               | 0,3667        | 0,0000        |
| 2G59   | 0,0000      | 0,0000                       | 2,0807      | 1,1133      | 0,5800      | 0,3103      | 0,0000        | 0,0000        | 3,5873        |
| 2G62   | 0,0000      | 0,0000                       | 9,0337      | 0,8711      | 55,6450     | 5,3658      | 0,0000        | 0,0000        | 0,1623        |
| 2G65   | 0,0003      | 0,9387                       | 0,0011      | 3,2339      | 0,0000      | 0,0000      | 0,2903        |               |               |
| 2G67   | 0,0000      | 0,0000                       | 0,0524      | 0,6433      | 0,2842      | 3,4889      | 0,0000        | 0,0000        | 0,1844        |

Nota. Os espaços em branco indicam a ausência de relação entre insumos e produtos.

QUADRO C.2. Razões entre os multiplicadores na Fronteira dos Professores Com Formação de Nível Superior.

| TURMAS | RAZÕES ENTRE MULTIPLICADORES |             |             |             |             |             |             |               |               |               |
|--------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
|        | ORDEM                        | $\mu_1/V_1$ | $\mu_1/V_2$ | $\mu_2/V_1$ | $\mu_2/V_2$ | $\mu_3/V_1$ | $\mu_3/V_2$ | $\mu_1/\mu_2$ | $\mu_1/\mu_3$ | $\mu_2/\mu_3$ |
| SUP5   | 0,044443                     | 2,689925    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    |             |               |               |               |
| SUP20  |                              | 0,275409    |             | 0,000000    |             | 1,239889    |             | 0,222124      | 0,000000      |               |
| SUP26  | 0,036918                     | 0,055377    | 0,027660    | 0,041490    | 0,943980    | 1,415971    | 1,334707    | 0,039109      | 0,029301      |               |
| SUP31  | 0,003259                     | 0,001862    | 2,422081    | 1,384044    | 0,001667    | 0,000953    | 0,001345    | 1,954416      | 1452,737892   |               |
| SUP33  | 0,000000                     | 0,000000    | 0,018792    | 2,653047    | 0,003332    | 0,470389    | 0,000000    | 0,000000      | 5,640117      |               |
| SUP37  | 0,000000                     | 0,000000    | 0,000000    | 0,000009    | 0,132563    | 3,775588    | 0,000000    | 0,000000      | 0,000002      |               |
| SUP41  | 0,000000                     | 0,000000    | 0,160767    | 3,701740    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    |               |               |               |
| SUP46  | 0,000000                     | 0,000000    | 1,421279    | 2,182281    | 0,260971    | 0,400703    | 0,000000    | 0,000000      | 5,446127      |               |
| SUP48  | 0,081129                     |             | 0,038684    |             | 0,005412    |             | 2,097210    | 14,990632     | 7,147894      |               |
| SUP49  | 0,000000                     | 0,000000    | 0,138199    | 0,516835    | 1,582903    | 5,919734    | 0,000000    | 0,000000      | 0,087307      |               |
| SUP50  | 0,390427                     |             | 0,000000    |             | 0,000000    |             |             |               |               |               |

Nota. Os espaços em branco indicam a ausência de relação entre insumos e produtos.

QUADRO C.3 Razões entre os multiplicadores na Fronteira Global.

| TURMAS  | RAZÕES ENTRE OS MULTIPLICADORES |             |             |             |             |             |             |               |               |               |
|---------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
|         | ORDEM                           | $\mu_1/v_1$ | $\mu_1/v_2$ | $\mu_2/v_1$ | $\mu_2/v_2$ | $\mu_3/v_1$ | $\mu_3/v_2$ | $\mu_1/\mu_2$ | $\mu_1/\mu_3$ | $\mu_2/\mu_3$ |
| GLOB3   |                                 |             | 0,484416    |             | 0,086922    |             | 0,330188    | 5,572996      | 1,467090      | 0,263250      |
| GLOB4   | 11,152170                       | 0,863959    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    |             |               |               |               |
| GLOB23  | 0,000000                        | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    | 6,551828    | 0,901389    |             | 0,000000      | 0,000000      |               |
| GLOB29  | 0,000000                        | 0,000000    | 12,169076   | 0,810442    | 2,269614    | 0,151153    | 0,000000    | 0,000000      | 5,361737      |               |
| GLOB37  | 0,178987                        | 0,715946    | 0,040352    | 0,161406    | 0,001521    | 0,006086    | 4,435686    | 117,642118    | 26,521739     |               |
| GLOB59  | 0,000000                        | 0,000000    | 3,133383    | 1,102832    | 0,752096    | 0,264709    | 0,000000    | 0,000000      | 4,166201      |               |
| GLOB65  | 0,000000                        | 1,178704    | 0,000000    | 2,959363    | 0,000000    | 0,000000    | 0,398297    |               |               |               |
| GLOB67  | 0,208114                        | 1,637013    | 0,179630    | 1,412960    | 0,036167    | 0,284485    | 1,158570    | 5,754295      | 4,966722      |               |
| GLOB72  | 0,008938                        | 0,553816    | 0,000000    | 0,000000    | 0,037889    | 2,347740    |             | 0,235893      | 0,000000      |               |
| GLOB93  | 0,000000                        | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    | 0,028311    | 1,496038    |             | 0,000000      | 0,000000      |               |
| GLOB98  |                                 | 0,000000    |             | 0,919646    |             | 0,000000    | 0,000000    |               |               |               |
| GLOB104 | 0,000000                        | 0,000000    | 0,005124    | 0,169537    | 0,115212    | 3,811817    | 0,000000    | 0,000000      | 0,044477      |               |
| GLOB113 | 0,000000                        | 0,000000    | 0,327457    | 3,625325    | 0,000000    | 0,000000    | 0,000000    |               |               |               |
| GLOB116 |                                 | 0,000000    |             | 0,000000    |             | 3,616999    |             | 0,000000      | 0,000000      |               |

Nota. Os espaços em branco indicam a ausência de relação entre insumos e produtos.

## **APÊNDICE D. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

### ÍNDICE GERAL.

|  |     |
|--|-----|
| D. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.  | 117 |
| D.1. Evolução das medidas de eficiência: de Farrel à DEA.  | 117 |
| D.2. Tecnologia de produção  | 121 |
| D.2.1. Propriedades da tecnologia de produção  | 129 |
| D.3. Construção de tecnologias lineares por partes   | 132 |
| D.4. Conjunto eficientes no consumo e na produção  | 133 |
| D.5. Mensuração da eficiência  | 135 |
| FIGURA D.1. Representação da tecnologia de produção  | 128 |
| FIGURA D.2. Descarte fraco e descarte forte de produtos  | 131 |
| FIGURA D.3. Tecnologias de produção e retornos à escala de produção                                      | 131 |
| FIGURA D.4. Conjuntos de eficiência no consumo   | 134 |
| FIGURA D.5. Conjuntos de eficiência na produção  | 134 |
| FIGURA D.6. Medidas de eficiência de Farrel  | 135 |
| FIGURA D.7. Medidas de eficiência orientadas para o consumo  | 137 |
| FIGURA D.8. Medida de eficiência em relação à tecnologias com descarte forte e descarte fraco de insumos | 137 |

## **D. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.**

Esta pesquisa propõe um método para avaliar a relação entre qualificação dos professores e desempenho discente dos estudantes da 4ª série do ensino fundamental, de escolas públicas e privadas, na Região Sul. Esse método baseia-se no pressuposto de que a relação entre qualificação dos professores e o desempenho discente é uma relação de produção, condicionada pelo contexto onde se desenvolve.

As relações de produção entre qualificação docente e desempenho discente são representadas pela tecnologia do processo pedagógico que compreende todas as associações qualificação docente-desempenho discente viáveis, condicionadas pelo meio ambiente e demais fatores externos. No contexto dessa pesquisa, cada turma de aluno é considerada uma associação qualificação docente-desempenho discente viável.

A aplicação da análise envoltória de dados –DEA a um conjunto de turmas observadas permite identificar as melhores práticas de ensino observadas e a partir delas, construir uma fronteira empírica de eficiência pedagógica, que compreende as melhores práticas do ensino que podem ser visualizadas a partir do conjunto de turmas observado.

### **D.1. Evolução das medidas de eficiência: de Farrel à DEA.**

No campo das pesquisas em teoria econômica sobre eficiência e produtividade, a obra clássica é “The measurement of productive efficiency” de Michael James Farrell de 1957. No campo da Análise Envoltória de Dados a obra seminal é “Measuring the efficiency of



---

decision making units” Abraham Charnes, William W. Cooper and Edwardo Rhodes (CCR) de 1978 (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978).

Segundo Forsund (1999), Farrel estabeleceu os fundamentos de nova abordagem sobre produtividade e eficiência sob dois aspectos: como definir eficiência e produtividade e como calcular a tecnologia de referência e as medidas de eficiência. O desenvolvimento das idéias de Farrel, no campo da teoria econômica, concentrou-se em duas vertentes: o desenvolvimento de métodos para estimação de uma fronteira de produção paramétrica e o estabelecimento dos fundamentos teóricos de um conjunto as medidas de eficiência radiais, hoje conhecidas como medidas Farrel.

Thompson & Thrall (1993) classificam as extensões e aperfeiçoamentos das contribuições de Farrel em três escolas de pensamento. A Escola de Afriat, que engloba a abordagem paramétrica dos econométricos, a Escola de Charnes, ligada ao desenvolvimento de métodos não-paramétricos e, a Escola de Shepard, denominada escola da abordagem axiomática da teoria da produção.

Embora a vertente da abordagem por fronteiras de produção estocásticas esteja associada ao nome de Afriat, a disseminação dos fundamentos dessa abordagem está associada ao trabalho “Formulation and estimation of stochastic frontier production models” de Aigner, Lovell and Schmidt (ALS), publicado em 1977 (Aigner; Lovell; Schmidt, 1977), e que discute detalhadamente as ligações dessa abordagem com as idéias de Farrel e com as contribuições de Aigner & Chu (1968), na estimação de fronteira de produção determinística do tipo Cobb-Douglas, e com as de Afriat (1972) e Richmond (1974), que propuseram a técnica de estimação de fronteiras de produção denominada de Mínimos Quadrados Ordinários Corrigidos. A estimação de fronteiras de produção estocásticas baseia-se na concepção de um erro composto em duas partes. Um componente simetricamente distribuído, representando o “ruído branco”, e

---

outro componente com uma distribuição unidirecional, representando a ineficiência.

Os métodos de estimação de fronteiras não-paramétricas obtiveram seu reconhecimento por parte da comunidade científica e acadêmica com o trabalho Charnes; Cooper; Rhodes (1978). A superioridade da solução proposta se fundamentou na construção de fronteiras com múltiplos insumos e múltiplos produtos e a popularização de softwares para solucionar problemas de programação linear possibilitaram sua rápida disseminação. Primeiramente na comunidade ligada à pesquisa operacional e às ciências da administração e posteriormente entre economistas. Uma nova abordagem para avaliar eficiência, reconhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA), desenvolveu-se a partir de CCR.

Paralelamente aos avanços teóricos nos métodos de estimação de fronteiras de produção, a abordagem axiomática da teoria da produção associada a Shepard contribuiu para o desenvolvimento formal e a compreensão do significado de eficiência e das funções distância como medidas de eficiência. Färe & Lovell( 1978) foram os primeiros a formularem axiomas que as medidas de eficiência deveriam satisfazer. As ligações entre funções distância e as medidas de eficiência de Farrel são abordadas detalhadamente em Färe; Shawna; Lovell (1994). Essas ligações, assim como a dualidade entre as medidas de eficiência técnica orientada para o consumo e a minimização de custos e, entre a medida de eficiência técnica orientada para a produção e a maximização da receita , que pressupõem um regime de competição perfeita, também são tratadas na mesma obra citada acima.

Apesar da contribuição da abordagem axiomática de Shepard para compreensão do significado das medidas de eficiência de Farrel, Forsund (1999) argumenta que ela deixa uma lacuna significativa na explicação da natureza da ineficiência, decorrente de fatores organizacionais e ambientais, ou aspectos não mensuráveis como produtos e insumos.

---

Essa deficiência conduziu a propostas de abordagens com dois estágios: o primeiro dedicado à estimação de medidas de eficiência e o segundo à correlação desses escores com variáveis exógenas. Esse tipo de abordagem tem dominado os estudos de avaliação da eficiência produtiva, em contextos marcados pela influência de fatores não controlados pelos tomadores de decisão.

## **D.2. Tecnologia de produção.**

A eficiência produtiva possui dois componentes. O puramente técnico ou físico e o componente alocativo. O primeiro se refere a habilidade de se produzir o máximo para um dado conjunto de insumos, ou de se utilizar o mínimo de insumos para se obter um determinado conjunto de produtos. O componente alocativo, se refere à habilidade de se combinar insumos e produtos em proporções ótimas dados os preços de ambos. (Lovell, 1983).

A eficiência técnica é um critério que permite comparar o desempenho de unidades de produção pertencentes a ambientes institucionais diferentes. As instituições públicas perseguem objetivos diferentes aos de uma instituição privada cuja busca essencial é o lucro. Portanto, o campo da eficiência técnica é um campo comum para se estabelecer comparações entre instituições de diferentes naturezas.(Lovell, 1993).

O objetivo das medidas de eficiência produtiva DEA é calcular o desempenho de cada produtor relativamente às melhores práticas observadas num conjunto de  $K$  produtores, ou DMUs, segundo a nomenclatura usual. Para tanto, um conjunto de pesos são atribuídos aos  $N$  insumos,  $x = (x_1 \dots, x_n)$  e aos  $M$  produtos  $u = (u_1 \dots, u_m)$ , de cada DMU, de modo que solucione o seguinte problema. Essa formulação é denominada de CCR-I ,sob a forma de razão, com orientação para os insumos:

$$\text{Max}_{v,w} [\sum_{j=1}^M w_j u_{oj} / \sum_{i=1}^N v_i x_{oi}],$$

s.r.

$$\sum_{j=1}^M w_j u_{kj} / \sum_{i=1}^N v_i x_{ki} \leq 1, \forall k = 1, \dots, k.$$

$$w_j / \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} \geq \varepsilon, \forall j = 1, \dots, m.$$

$$v_i / \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} \geq \varepsilon, \forall i = 1, \dots, n.$$

O vetor  $(u_{oj}, x_{oi})$  representa a DMU<sub>o</sub> que está sendo avaliada e  $(u_{jk}, x_{ik})$  representa o vetor produto-insumo da k<sup>ésima</sup> DMU. Os pesos não negativos  $w_j$  e  $v_i$  são definidos de tal forma que a DMU<sub>o</sub> que está sendo avaliada maximize sua produtividade e que a produtividade de qualquer outra DMU seja menor ou igual à unidade. Portanto, a DMU será eficiente, quando sob sua perspectiva, a medida de eficiência for igual a unidade e ineficiente, quando esta medida for menor do que um.

Charnes & Cooper (1962) propuseram a transformação do problema apresentado sob a forma de razão, pois, o mesmo produz infinitas soluções. A transformação seleciona soluções representativas, quando se considera o consumo agregado constante e quando se considera a produção agregada constante.

O problema de programação linear orientado para o consumo denominado de CCR-I é:

$$\text{Max}_{\mu,v} \sum_{j=1, \dots, m}^M \mu_j u_{oj} \tag{1}$$

s.r.

$$\sum_{i=1}^N v_i x_{oi} = 1$$

$$\sum_{j=1}^M \mu_j u_{kj} - \sum_{i=1}^N v_i x_{ki} \geq 0$$

$$\mu_j \geq \varepsilon^{14}$$

<sup>14</sup>.  $\varepsilon$  = um infinitesimal não arquimediano. Um valor positivo menor que qualquer número real positivo.

$$w_j / \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} = \mu v_i / \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} = v.$$

$$v_i \geq \varepsilon.$$

O dual do problema acima é:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} \theta - \varepsilon \sum_{j=1}^M s_j^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^N s_i^- \quad (2)$$

s.r.

$$(\sum_{k=1}^K \lambda_k u_{kj}) - s_j^+ = u_{oj}$$

$$\theta x_{oi} - (\sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ki}) - s_j^- = 0$$

$$\lambda_k, s_j^+, s_j^- \geq 0.$$

O modelo CCR orientado para produção CCR-O sob a forma de razão é:

$$\min_{v, w} \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj},$$

s.r.

$$\sum_{i=1}^N v_i x_{ki} / \sum_{j=1}^M w_j u_{kj} \geq 1, \forall k = 1, \dots, k.$$

$$w_j / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} \geq \varepsilon, \forall j = 1, \dots, m.$$

$$v_i / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} \geq \varepsilon, \forall i = 1, \dots, n.$$

O problema de programação linear CCR-O e seu dual são:

$$\text{Min}_{\mu, v} \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} \quad (3)$$

s.r.

$$\sum_{j=1}^M \mu_j u_{oj} = 1$$

$$-\sum_{j=1}^M \mu_j u_{kj} + \sum_{i=1}^N v_i x_{ki} \geq 0$$

$$\mu_j \geq \varepsilon^{15}$$

<sup>15</sup> .  $\varepsilon$  = um infinitesimal não arquimediano. Um valor positivo menor que qualquer número real positivo.

$$w_j / \sum_{j=1, \dots, n}^M w_j u_{oj} = \mu$$

$$v_i / \sum_{j=1, \dots, n}^M w_j u_{oj} = v.$$

$$v_i \geq \varepsilon.$$

$$\max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} \phi + \varepsilon \sum_{j=1}^M s_j^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^N s_i^- \quad (4)$$

s.r.

$$\phi u_{oj} - \left( \sum_{k=1}^K \lambda_k u_{kj} \right) + s_j^+ = 0$$

$$\left( \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ki} \right) + s_j^- = x_{oi}$$

$$\lambda_k, s_j^+, s_j^- \geq 0.$$

Os modelos (1) e (3) são denominados de problema dos multiplicadores, pois, na fronteira de produção eles representam as taxas de substituição entre os produtos e os insumos.

Os modelos (2) e (4) são denominados de problemas do envelopamento, pois, estes definem os conjuntos das necessidades de consumo da DMU<sub>o</sub> e o conjunto das possibilidades de produção da DMU<sub>o</sub>, tais como foram definidos acima.

Os modelos CCR apresentados definem uma tecnologia com retornos constantes à escala e com descarte forte de insumos e produtos.

Os valores ótimos de  $\theta$ , indicado por  $\theta^*$ , representam a máxima redução equiproporcional possível do vetor de insumos da DMU<sub>o</sub>, que permite manter o mesmo vetor de produção.

Os valores ótimos de  $\phi$ , indicados por  $\phi^*$  representam a máxima expansão equiproporcional possível no vetor de produção da DMU<sub>o</sub>, capaz de ser obtido com o mesmo vetor de insumos. Quando  $\theta^* = 1$  e  $\phi^* = 1$ , a DMU<sub>o</sub> é eficiente, se  $\theta^* < 1$  e  $\phi^* < 1$  a DMU<sub>o</sub> é ineficiente.

Os escalares  $\lambda_k$  representam os pesos das DMUs tomadas como referência para a DMU<sub>o</sub>. Como a tecnologia definida pelo CCR exibe retornos constantes à escala, a única restrição é que  $\lambda_k$  seja não negativo.

As medidas de eficiência  $\theta^*$  e  $\phi^*$  são medidas radiais equivalentes à medida de Debreu (1951) e Farrel (1957). Uma  $DMU_o$  é considerada eficiente em relação às isoquantas  $\mathbf{P}(\mathbf{x}^o)$  e  $\mathbf{L}(\mathbf{u}^o)$ .

A introdução das folgas nas funções objetivo dos problemas (2) e (4) se constitui na solução de Charnes; Cooper; Rhodes (1978) para construir uma medida de eficiência segundo a definição de Koopmans e o conceito de ótimo de Pareto (Lovell, 1983). De acordo com esses critérios uma  $DMU_o$  é eficiente se  $\theta^* = 1$  e  $\phi^* = 1$  e se todas as folgas  $\mathbf{s}_j^+$  e  $\mathbf{s}_i^-$  forem iguais a zero.

A inclusão da restrição  $\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$ , nos problemas de envelopamento origina o modelo BCC de Banker, Charnes e Cooper (1984 apud Charnes, Cooper; Lewin et alii 1996). Essa restrição de convexidade define uma região de viabilidade para o modelo BCC, mais restrita do que do modelo CCR.

A medida de eficiência obtida pelo modelo BCC é menor ou igual à medida de eficiência obtida pelo modelo CCR em função, da tecnologia definida pelo modelo BCC exibir retornos variáveis à escala.

O modelo BCC orientado para a produção sob a forma de razão é :

$$\min_{v,w,\alpha_0} \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} + \alpha_0 / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} ,$$

s.r.

$$\sum_{i=1}^N v_i x_{ki} + \alpha_0 / \sum_{j=1}^M w_j u_{kj} \geq 1, \forall k = 1, \dots, k.$$

$$w_j / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} \geq \varepsilon, \forall j = 1, \dots, m.$$

$$v_i / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} \geq \varepsilon, \forall i = 1, \dots, n.$$

Os problemas dos multiplicadores e do envelopamento do modelo BCC orientado para produção, para uma tecnologia com descarte forte de insumos e produtos são os seguintes.

Problema dos multiplicadores

$$\text{Min}_{\mu,v,\alpha_0} \sum_{i=1}^N v_i x_{oi} + \alpha_0 \tag{5}$$

s.r.

$$\sum_{j=1}^M \mu_j u_{oj} = 1$$

$$-\sum_{j=1}^M \mu_j u_{kj} + \sum_{i=1}^M v_i x_{ki} + \alpha_0 \geq 0$$

$$\mu_j \geq \varepsilon^{16}$$

$$v_i \geq \varepsilon$$

$\alpha_0$  é livre.

Problema do envelopamento:

$$\max_{\phi, \lambda, s^+, s^-} \phi + \varepsilon \sum_{j=1}^M s_j^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^N s_i^- \quad (4)$$

s.r.

$$\phi u_{oj} - (\sum_{k=1}^K \lambda_k u_{kj}) + s_j^+ = 0$$

$$(\sum_{k=1}^K \lambda_k x_{ki}) + s_j^- = x_{oi}$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k, s_j^+, s_j^- \geq 0.$$

Os modelos CCR e BCC apresentados pressupõem que todos os insumos são controláveis. Mas, a tecnologia que relaciona qualificação dos professores e desempenho acadêmico dos estudantes pressupõe a influência dos fatores exógenos, características dos estudantes e clima da escola. Portanto, esses fatores são incluídos nos modelos a seguir .

<sup>16</sup> .  $\varepsilon$  = um infinitesimal não arquimediano. Um valor positivo menor que qualquer número real positivo.

$$w_j / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} = \mu; v_i / \sum_{j=1}^M w_j u_{oj} = v.$$



Seiford (1996) relata, sob o ponto de vista da Pesquisa Operacional, a evolução da Análise Envoltória de Dados (DEA). Ele descreve o estado da arte DEA e os modelos CCR, BCC, aditivo e FDH. Pelas pesquisas sobre os componentes da eficiência, superfícies envoltórias, orientação, limitações dos conjuntos eficientes, modelos convexos e extensões onde se incluem as variáveis não controladas, análise de janelas, índice de Malmquist e modelos de supereficiência.

Quanto as áreas de aplicações da metodologia DEA, as pesquisas concentram-se na avaliação do desempenho de bancos, avaliação de programas, distribuição espacial, prevenção de poluição e influência de regulamentação sobre o desempenho de diversas indústrias.

No contexto seminal da Análise Envoltória de Dados, uma tecnologia produtiva  $T$  modela as possibilidades viáveis de transformar insumos em produtos. Mais especificamente, a tecnologia  $T$  descreve todas as possibilidades viáveis de transformar quantidades de  $N$  diferentes tipos de insumos representados pelo vetor  $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_N)$  em quantidades de  $M$  diferentes produtos, representados pelo vetor  $\mathbf{U} = (\mathbf{u}_1, \dots, \mathbf{u}_M)$ . O par  $(\mathbf{x}, \mathbf{u})$  é denominado plano de operação. Nesta pesquisa cada turma é representada por um plano de operação.

Toda tecnologia  $T$  é caracterizada pelo elenco de  $N$  insumos e  $M$  produtos relevantes para o estudo desejado e pode ser representado matematicamente pelo conjunto

$$T = \{(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}^{N+M}_+ : \mathbf{x} \text{ pode produzir } \mathbf{u}\}.$$

Há duas formas matematicamente alternativas para representar a tecnologia  $T$ : o Conjunto das Necessidades de Consumo,  $L(\mathbf{u}) \subseteq \mathbf{R}^N_+$ ,  $\forall \mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+$ , definidos no espaço dos produtos  $\mathbf{R}^M_+$ , e o Conjunto das Possibilidades de Produção,  $P(\mathbf{x}) \subseteq \mathbf{R}^M_+$ ,  $\forall \mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+$ , definido no espaço dos insumos  $\in \mathbf{R}^N_+$ .

O Conjunto das Necessidades de Consumo  $L(\mathbf{u})$ , compreende todos os vetores de insumos  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+$ , que produzem o vetor de produtos  $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+$ . O Conjunto das Possibilidades de Produção  $P(\mathbf{x})$ , compreende todos

os vetores de produtos  $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+$ , que podem ser obtidos a partir do vetor de insumos  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+$ . Esses dois conjuntos associam-se através das seguintes relações:

$$\mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}) \}, \text{ e } \mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}) \}.$$

A tecnologia  $T$  pode ser representada, no espaço insumo-produto, pelo Gráfico (**GR**). A relação entre **GR** e os conjuntos  $\mathbf{L}(\mathbf{u})$  e  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$ , é dada por :

$$\mathbf{GR} = \{ (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}^{N+M}_+ : \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}), \mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+ \} \text{ e}$$

$$\mathbf{GR} = \{ (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}^{N+M}_+ : \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+ \}.$$

Conseqüentemente,  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$  e  $\mathbf{L}(\mathbf{u})$  podem ser derivados de **GR** como:

$$\mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{GR} \},$$

$$\mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{GR} \}.$$

Na Figura 1, **GR** é a área limitada pelo eixo  $\mathbf{x} \geq 0$  e a linha (0 a). O Conjunto das Possibilidades de Produção  $\mathbf{P}(\mathbf{x}^0)$  é o intervalo  $[0, \mathbf{u}^0]$  e o Conjunto das Necessidades de Consumo  $\mathbf{L}(\mathbf{u}^0)$  é a semi-reta  $[\mathbf{x}^0, +\infty)$ .

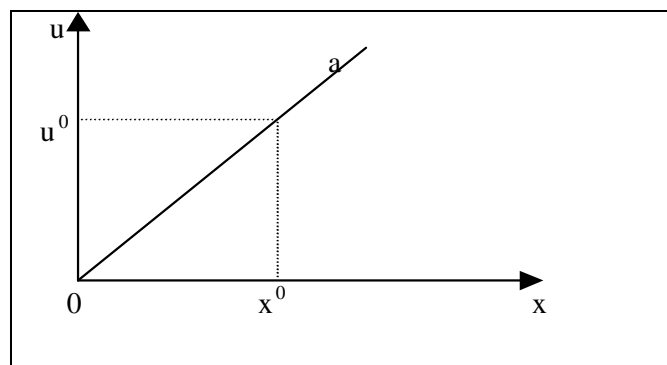


FIGURA D.1. Representação da tecnologia de produção.

Nesta pesquisa a relação entre qualificação dos professores e desempenho discente é definida como uma relação de produção condicionada pela influência de insumos não controlados. Como o objetivo da pesquisa é estudar o efeito da qualificação docente no desempenho discente, a forma mais adequada de representar a tecnologia do processo

pedagógico é através dos conjuntos das necessidades de consumo  $L(u)$ . Recorde-se, porém, que o meio ambiente afeta esse efeito e, portanto, deve ser considerado na representação da tecnologia do processo pedagógico. Dessa forma, essa tecnologia, que descreve transformações viáveis da qualificação do professor em desempenho discente deve ser representada pelo Conjunto das Necessidades de Consumo Condicional:

$$L(u | z) = \{ x \in \mathbf{R}_+^N : x \text{ pode gerar } u, \text{ dado } z\} \forall u \in \mathbf{R}_+^M,$$

No quais o vetor  $z = \{ z_1, \dots, z_k \}$ , representa os fatores do contexto educacional, que afetam a transformação da qualificação dos professores  $x$ , no desempenho discente  $u$ , como, por exemplo, as características socioeconômicas dos estudantes e o clima da escola. Observe-se que quando  $L(u | z) \subseteq L(u | z')$ , então o contexto  $z'$  é mais favorável do que o contexto  $z$ . (Ruggiero, 1998 : 463).

Todo conjunto de necessidades de consumo condicional  $L(u | z)$  associa-se a uma isoquanta **Isoq**  $L(u | z)$  e a um subconjunto eficiente **Eff**  $L(u | z)$  definidos como,

$$\text{Isoq } L(u | z) = \{ x : x \in L(u | z), \lambda x \in L(u | z), \lambda \in [0, 1] \},$$

$$\text{Eff } L(u | z) = \{ x : x \in L(u | z), x' \notin L(u | z), x' \leq x \}.$$

Usualmente duas propriedades são consideradas para melhor explicitar as tecnologias produtivas. Tais propriedades dizem respeito à variabilidade dos retornos à escala de produção e a descartabilidade dos insumos e produtos. Färe; Shawna; Lovell (1994) debatem detalhadamente essas propriedades, que estão sumarizadas abaixo na forma do Conjunto das Possibilidades de Produção.

### D.2.1. Propriedades da tecnologia de produção.

Além das definições dos conjuntos de tecnologia, das necessidades de consumo e das possibilidades de produção é necessário considerar as seguintes propriedades da tecnologia: retornos à escala de produção e descartabilidade de insumos e produtos.

Uma tecnologia caracteriza-se pelo descarte fraco de produtos, quando existem custos crescentes para se livrar de um produto indesejável. Por exemplo, a produção de energia termoelétrica a base de carvão, implica na geração concomitante de produtos indesejáveis como gases e poeira. Em geral, nas plantas de geração térmica eficientes, a redução da emissão de poluentes só pode ser obtida mediante a redução na produção de energia elétrica. Matematicamente, o Conjunto das Possibilidades de Produção exibe descarte fraco de produtos somente quando :

$$\forall (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}^{\mathbf{N}+\mathbf{M}}_+, \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}) \text{ e } 0 < \theta \leq 1 \Rightarrow \theta \mathbf{u}' \in \mathbf{P}(\mathbf{x}).$$

Uma tecnologia com Descarte Forte de produtos, também denominada de tecnologia com livre descarte de produtos permite diminuir a geração de produtos indesejáveis sem custo produtivo adicional. Matematicamente, uma tecnologia exibe descarte forte de produtos quando:

$$\forall (\mathbf{x}, \mathbf{u}) \in \mathbf{R}^{\mathbf{N}+\mathbf{M}}_+, \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}) \text{ e } 0 \leq \mathbf{u}' \leq \mathbf{u} \Rightarrow \mathbf{u}' \in \mathbf{P}(\mathbf{x}).$$

A Figura D.2 exemplifica tecnologias com descarte fraco e forte de produtos, para três pontos observados e dois produtos. O Conjunto de Possibilidades de Produção  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$  em uma tecnologia com descarte fraco de produtos necessariamente contém os segmentos radiais que unem os pontos observados à origem. Com descarte forte de produtos,  $\mathbf{P}(\mathbf{x})$  necessariamente contém todos os vetores de produção menores ou iguais a algum dos planos observados.

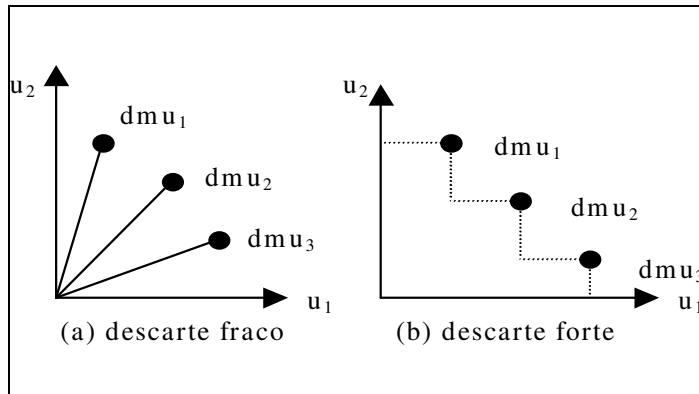


FIGURA D.2. Descarte fraco e descarte forte de produtos.

Uma tecnologia caracteriza-se como de retornos constantes (crescentes, decrescentes) quando aumentos equiproporcionais das quantidades de insumos asseguram aumentos equiproporcionais iguais (maiores, menores) nas quantidades produzidas. Matematicamente, uma tecnologia *exibe* retornos de escala:

Constante, quando  $P(\theta x) = \theta P(x) \theta > 0 x \in \mathbf{R}^N_+$ ,

Não crescente, quando  $P(\theta x) \subseteq \theta P(x) \theta \geq 1 x \in \mathbf{R}^N_+$ , e

Não decrescente, quando  $P(\theta x) \supseteq \theta P(x) \theta \geq 1 x \in \mathbf{R}^N_+$ .

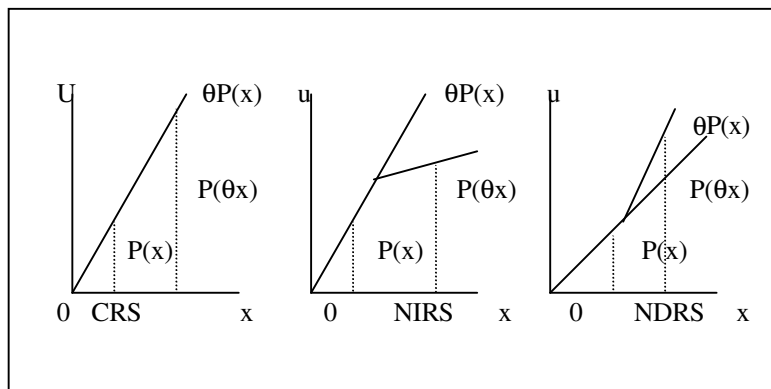


FIGURA D.3. Tecnologias de produção e retornos à escala de produção

### D.3. Construção de tecnologias lineares por partes.

Problemas de programação linear podem ser usados para construir tecnologias empíricas lineares por partes e avaliar eficiência relativa do plano de operação observado.

As propriedades de descarte e de retornos de escala são modeladas através de restrições lineares incorporadas ao problema de programação linear. Diferentes combinações das propriedades de descarte e de retornos à escala permitem modelar diferentes tecnologias de produção.

As tecnologias empíricas lineares por partes são construídas a partir de planos de operação observados de acordo com o seguinte procedimento e notação matemática.

Sejam  $J$  produtores, que usam  $N$  insumos para gerar  $M$  produtos. Sejam,  $M$  a matriz da produção cuja ordem é  $(J \times M)$  e  $N$  a matriz do consumo observado cuja ordem é  $(J \times N)$ , nas quais os elementos da matriz  $M$  por  $u_{jm}$ , e o elemento da matriz de insumos, dado por  $x_{jn}$  devem satisfazer as seguintes condições.

- (i)  $u_{jm} \geq 0, x_{jn} \geq 0$
- (ii)  $\sum_j u_{jm} > 0, m = 1, 2, \dots, M,$
- (iii)  $\sum_n x_{jn} > 0, j = 1, 2, \dots, J,$
- (iv)  $\sum_j x_{jn} > 0, n = 1, 2, \dots, N,$
- (v)  $\sum_m u_{jm} > 0, j = 1, 2, \dots, J.$

A condição (i) explicita que, no modelo matemático, quantidades realmente consumidas e produzidas são representadas por números positivos. As condições (ii) e (iv) exigem que cada produto tem que consumir pelo menos um insumo e gerar pelo menos um produto. As condições (ii) e (v) requerem que cada insumo tenha sido consumido por pelo menos um produto e que cada produto tenha sido gerado por pelo menos um insumo.

A hipótese básica do problema de programação linear é que todo plano de operação viável pode ser representado por uma combinação linear dos planos de operação observado; ou seja, cada plano de operação viável  $(\mathbf{x}; \mathbf{u})$  pode ser representado por um combinação linear de planos de operação  $(\mathbf{x}_i; \mathbf{u}_i)$ .

#### D.4. Conjuntos eficientes no consumo e na produção.

Medidas de eficiência são calculadas em relação a conjuntos da tecnologia, que descrevem as melhores práticas observadas.

Definem-se, para todo  $\mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+$ , a isoquanta **Isoq**, o conjunto eficiente **Eff**, e o conjunto fracamente eficiente **Weff** como.

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}), \lambda \mathbf{x} \notin \mathbf{L}(\mathbf{u}), \forall \lambda < 1 \}, \forall \mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+;$$

$$\mathbf{Eff} \mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}), \mathbf{x}' \geq \mathbf{x} \text{ e } \mathbf{x}' \neq \mathbf{x} \Rightarrow \mathbf{x}' \in \mathbf{L}(\mathbf{u}) \}, \forall \mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+;$$

$$\mathbf{Weff} \mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}), \mathbf{x}' \overset{*17}{>} \mathbf{x} \Rightarrow \mathbf{x}' \notin \mathbf{L}(\mathbf{u}) \} \forall \mathbf{u} \in \mathbf{R}^M_+;$$

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{P}(\mathbf{x}) \supseteq \mathbf{Weff} \mathbf{P}(\mathbf{x}) \supseteq \mathbf{Eff} \mathbf{P}(\mathbf{x});$$

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{L}(\mathbf{u}) \supseteq \mathbf{Weff} \mathbf{L}(\mathbf{u}) \supseteq \mathbf{Eff} \mathbf{L}(\mathbf{u}).$$

A distinção entre esses conjuntos pode ser observada na Figura D.4, na qual **Isoq L(u)** consiste dos segmentos ABC e a extensão horizontal a partir de C. O conjunto fracamente eficiente denominado de **Weff L(u)** consiste dos segmentos BC e a extensão horizontal de C. Finalmente, o conjunto eficiente **Eff L(u)** é representado pelo segmento BC.

<sup>17</sup>  $y <^* x$  representa  $y_i < x_i$ , ou  $y_i = x_i = 0$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ .

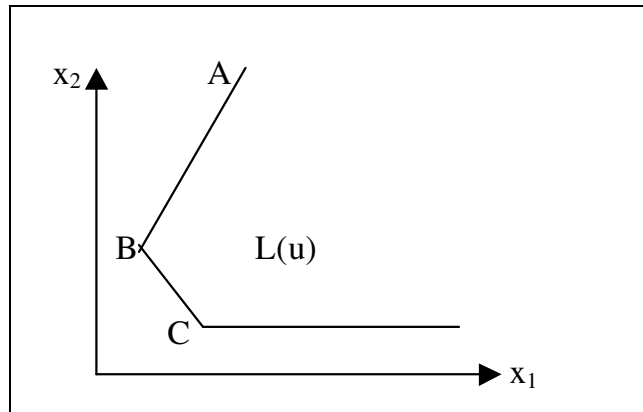


FIGURA D.4. Conjuntos de eficiência no consumo.

Da mesma forma, definem-se para qualquer  $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+$ , **Isoq**, o conjunto eficiente **Eff** e o conjunto fracamente eficiente **Weff** como

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}), \lambda \mathbf{u} \notin \mathbf{P}(\mathbf{x}), \forall \lambda > 1 \}, \forall \mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+;$$

$$\mathbf{Eff} \mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}), \mathbf{u}' > \mathbf{u} \text{ e } \mathbf{u}' \neq \mathbf{u} \Rightarrow \mathbf{u}' \notin \mathbf{P}(\mathbf{x}) \}, \forall \mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+.$$

$$\mathbf{Weff} \mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}), \mathbf{u}' >^* \mathbf{u} \Rightarrow \mathbf{u}' \notin \mathbf{P}(\mathbf{x}) \} \forall \mathbf{x} \in \mathbf{R}^N_+.$$

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{P}(\mathbf{x}) \supseteq \mathbf{Weff} \mathbf{P}(\mathbf{x}) \supseteq \mathbf{Eff} \mathbf{P}(\mathbf{x});$$

$$\mathbf{Isoq} \mathbf{L}(\mathbf{u}) \supseteq \mathbf{Weff} \mathbf{L}(\mathbf{u}) \supseteq \mathbf{Eff} \mathbf{L}(\mathbf{u}).$$

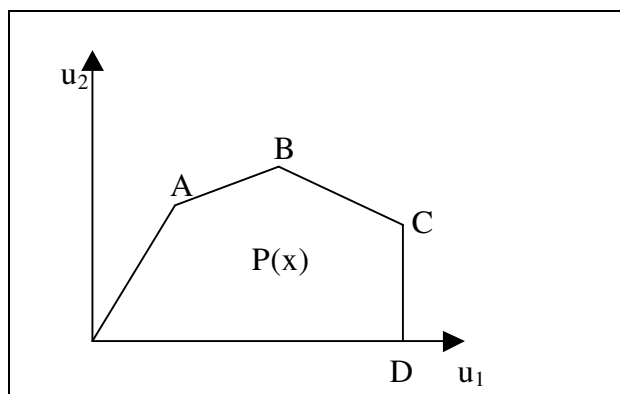


Figura D.5. Conjuntos de eficiência na produção.

Na Figura D.5, a isoquanta **Iso P(x)** é representada pela linha OABCD; o conjunto fracamente eficiente **Weff P(x)** é representado pela linha BCD e o conjunto eficiente **Eff P(x)** é definido pelo segmento BC.



### D.5. Mensuração da eficiência.

Farrel (1957), apoiando-se nas idéias de Debreu (1951), definiu sua medida de eficiência como a distância radial de um ponto à isoquanta. A Figura D.6 ilustra o conjunto de necessidades de consumo  $L(u)$  com dois insumos  $x_1$  e  $x_2$  e a isocusto de custo mínimo para gerar  $u$ , com preço  $p_1$  e  $p_2$  para os insumos. Nessa figura a proporção radial  $OQ/OX$  foi adotada por Farrel (1957), para medir eficiência global (EG), que pode ser decomposta em dois componentes multiplicativos. A proporção radial  $OQ/OS$ , que mede a eficiência técnica (TE) e a proporção  $OQ/OS$ , que mede a eficiência alocativa (EA). Assim,

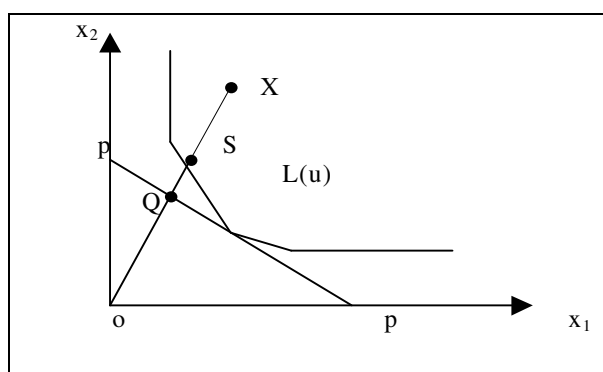
$$EG = TE * EA.$$


Figura D.6. Medidas de eficiência de Farrel.

Nas análises de desempenho do setor público, em função das dificuldades de serem conhecidos os preços dos bens públicos, utiliza-se a medida de eficiência técnica TE como critério de avaliação de desempenho.

As medidas de eficiência técnica introduzidas por Debreu (1951) e Farrel (1957) foram definidas como um menos a máxima redução equiproporcional em todos os insumos que permite continuar produzindo o mesmo conjunto de produtos. Um escore unitário indica eficiência fraca,

pois nenhuma redução proporcional nos insumos é possível e um escore menor do que a unidade indica a magnitude da ineficiência técnica. (Lovell, 1993).

Shepard (1970) introduziu a função distância orientada para o consumo, para medir a eficiência fraca do consumo  $X$  para gerar a produção  $U$ . Essa função distância é definida como:

$D_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = \max \{ \lambda : (\mathbf{x}/\lambda) \in \mathbf{L}(\mathbf{u}) \}$ . Assim  $D_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) \geq 1$  e  $\text{Isoq } \mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : D_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = 1 \}$ .

A medida de eficiência técnica TE de Debreu-Farrel pode ser formalmente calculada como :

$DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = \min \{ \lambda : \lambda \mathbf{x} \in \mathbf{L}(\mathbf{u}) \}$ . Assim  $DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) \leq 1$  e  $DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = (D_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}))^{-1}$  e  $\text{Isoq } \mathbf{L}(\mathbf{u}) = \{ \mathbf{x} : DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = 1 \}$ .

A função distância orientada para a produção, proposta por Shepard (1970) é:

$D_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = \min \{ \theta : (\mathbf{u}/\theta) \in \mathbf{P}(\mathbf{x}) \}$ . Assim  $D_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}) \leq 1$  e  $\text{Isoq } \mathbf{P}(\mathbf{x}) = \{ \mathbf{u} : D_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = 1 \}$ . Por sua vez, a medida de Debreu-Farrel orientada para a produção é definida como:

$DF_0 = \max \{ \theta : \theta \mathbf{u} \in \mathbf{P}(\mathbf{x}) \}$ . Assim,  $DF_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}) \geq 1$  e  $DF_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}) = (D_0(\mathbf{u}, \mathbf{x}))^{-1}$ .

As relações entre as medidas de eficiência Debreu-Farrel e os conjuntos eficientes no consumo são ilustradas na Figura D.7. Os vetores de insumos  $\mathbf{x}^A$  e  $\mathbf{x}^B$  podem ser radialmente contraídos até a  $\text{Isoq } \mathbf{L}(\mathbf{u})$  e ainda assim continuar a produzir  $\mathbf{u}$ . Assim,  $DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}^A) > 1$  e  $DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}^B) > 1$ . Todavia, os vetores de insumos  $\mathbf{x}^C$  e  $\mathbf{x}^D$  não podem ser radialmente contraídos. Assim,  $DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}^C) = DF_1(\mathbf{u}, \mathbf{x}^D) = 1$ .

Por sua vez o consumo  $(\lambda^B \mathbf{x}^B)$  não pode ser contraído radialmente e continuar a produzir  $\mathbf{u}$ , apesar de apresentar um excesso do insumo  $\mathbf{x}_2$ . Tanto o vetor  $(\lambda^B \mathbf{x}^B)$ , como o consumo  $(\lambda^A \mathbf{x}^A)$  são fracamente eficientes, pois  $DF_1(\mathbf{u}, \lambda^B \mathbf{x}^B) = DF_1(\mathbf{u}, \lambda^A \mathbf{x}^A) = 1$ . No entanto,  $(\lambda^A \mathbf{x}^A) \in \text{Eff } \mathbf{L}(\mathbf{u})$  enquanto que  $(\lambda^B \mathbf{x}^B) \notin \text{Eff } \mathbf{L}(\mathbf{u})$ . Assim a medida de eficiência Debreu-

Farrel pode dar uma indicação errada da eficiência produtiva, pois ela não distingue a eficiência fraca da eficiência forte.

Segundo a definição de Koopmans, para que  $(\lambda^B \mathbf{x}^B)$  e  $(\lambda^A \mathbf{x}^A)$  sejam igualmente eficientes é necessário que ambos pertençam ao subconjunto eficiente da isoquanta. Já segundo Debreu-Farrel a condição é que ambos pertençam a uma mesma isoquanta.

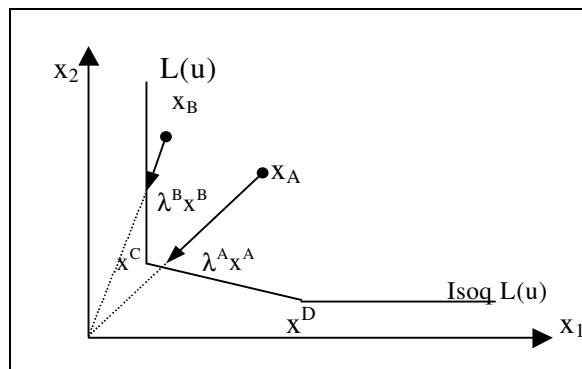


Figura D.7. Medidas de eficiência orientadas para os insumos.

As relações entre as medidas de eficiência e as tecnologias de referência também dependem das propriedades de descarte e do tipo de retorno de escala considerados como características da tecnologia de produção.

A medida de eficiência técnica relativamente à uma tecnologia com descarte forte de insumos deve ser menor ou no máximo igual a medida de eficiência técnica relativa à uma tecnologia com descarte fraco. Na Figura D.8, a linha cheia representa uma tecnologia com descarte fraco nos insumos, enquanto que a linha pontilhada representa uma tecnologia com descarte forte.

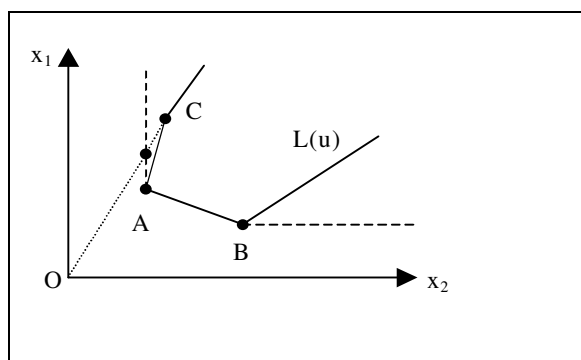


Figura D.8. Medida de eficiência em relação à tecnologias com descarte forte e descarte fraco de insumos.

Para o ponto C (Figura D.8), a medida de eficiência técnica em relação a tecnologia com descarte fraco do insumo  $x_1$  é igual a unidade. Quando a referência é linha pontilhada representando descarte forte de  $x_1$  a medida de eficiência técnica é menor do que um. Portanto, isso implica em que, ceteris paribus, para qualquer observação  $i$ ,

$$TE_i(S) \leq TE_i(W).$$

Considerando-se o tipo de economia de escala, ceteris paribus, a medida de eficiência técnica em relação à uma tecnologia que exhibe retornos constantes é menor ou no máximo igual à medida em relação a tecnologia com retornos variáveis.

Resumindo-se, a magnitude das medidas de eficiência técnica são determinadas pelas características da tecnologia de referência. A medida de eficiência técnica de Farrell é realizada em relação à isoquanta, enquanto que pela definição de eficiência técnica de Koopmans, uma unidade de produção é eficiente, somente quando pertence ao subconjunto eficiente da isoquanta.

## GLOSSÁRIO

**Ambiente familiar**, representa o suporte familiar ao estudo e a valorização da educação nesse contexto.

**Clima da escola**, representa o efeito-escola, segundo Kreft (1987).

**Desempenho discente** - é medido pelos desempenho em exames de avaliação educacional como o Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico (SAEB).

**Eficácia** é a capacidade de se atingir metas e objetivos pré estabelecidos.(Norman & Stocker, 1991). Neste relatório de tese o termo foi empregado para se referir ao objetivo geral de melhoria do rendimento acadêmico.

**Eficiência** de uma unidade de produção é definida pela comparação entre a relação insumo-produto observada e a relação ótima.(Lovell, 1993:4).

**Eficiência técnica** ou física se refere a habilidade de evitar desperdício, produzindo-se o máximo de produtos a partir de uma certa quantidade de insumos, ou usando o mínimo de insumos para se obter uma dada quantidade de produtos. (Lovell,1993).

**Eficiência alocativa** é a habilidade de combinar insumos e produtos em proporções ótimas em função de seus preços.(Lovell, 1993).

**Escolaridade** do professor, representa a formação atual do professor.

**Formação inicial do professor**, representa a formação de professores e demais trabalhadores da educação obtida em cursos de nível universitário e de nível médio.

**Formação continuada**, capacitação ou treinamento em serviço, se refere à atualização em conteúdos específicos das diferentes disciplinas e em técnicas pedagógicas.(André M., 1999; Fabiano, 1999; USDE/NCES, 1999; Melo, 1999).

**Formação complementar** é a formação profissional pós-graduada.

**Insumos** são fatores de produção usados nos processos de produção. Os fatores de produção são, freqüentemente classificados em categorias amplas como terra, capital, trabalho e matérias-primas. (Varian, 1996).

**Habilitação**, representa a habilitação para o magistério enquanto fator indicativo do comprometimento do professor com a carreira docente, conforme descrevem Tardif & Raymond (2000)

---

**Meio ambiente**, representa o contexto onde se insere o processo educacional.

**Qualificação do professor** é o resultado do processo pelo qual se desenvolve, nos professores, um conjunto de habilidades com a finalidade de promover a melhoria no desempenho discente. Nesta pesquisa a qualificação docente é representada pelos atributos escolaridade, treinamento, experiência e habilitação.

**Processo pedagógico** é o processo que rege a transformação de insumos educacionais em produtos e resultados.

**Produtividade** é a razão entre insumos e produtos. (Lovell, 1993:3).

**Sistema educacional** é uma expressão que significa “uma ordenação articulada dos vários elementos necessários à consecução dos objetivos educacionais preconizados para a população à qual se destina.”(Saviani, 1999:120) .

**Treinamento ou capacitação** é a habilitação proporcionada através de cursos e outras formas de organização, com carga horária inferior a dos cursos permanentes.