

Eficiência escolar no ensino fundamental do Rio Grande do Norte: uma aplicação do método de Análise Envoltória de Dados não discricionário

MARCELO VICTOR ALVES BILA QUEIROZ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
marcelovictorbila@hotmail.com

LUCIANO MENEZES BEZERRA SAMPAIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
lucianombsampaio@gmail.com

RAQUEL SAMPAIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
raquelsampaio@rocketmail.com

Introdução

Um dos maiores avanços no setor educacional brasileiro tem sido a preocupação em medir e divulgar os desempenhos de escolas a partir de testes, além de informações das mesmas, através dos censos escolares. Muitas das medições de performance educacional se limitam apenas a comparação do resultado da prova. Uma análise que considere variáveis não controláveis pela escola, sobretudo as condições socioeconômicas de seus alunos, pode servir para identificação das escolas com melhores práticas gerenciais dos insumos escolares, descontando as dificuldades exógenas que influenciam o resultado.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O problema de pesquisa reside na questão: com medir a eficiência de escolas, considerando a inclusão de variáveis não discricionárias? Por sua vez, o objetivo do estudo é analisar, nesta perspectiva, a eficiência das escolas públicas do ensino fundamental norte rio-grandense através no método de análise envoltória de dados (DEA). O intuito é fazer uma comparação mais equitativa do desempenho analisando a parcela deste pela qual a gestão da escola é responsável.

Fundamentação Teórica

Duas alternativas geralmente são propostas para se melhorar o desempenho educacional: um aumento do volume de recursos ou uma maior eficiência no uso desses recursos (GLEWEE et al., 2011). Pelo lado da eficiência, Hanushek (1986) aponta alguns insumos e produtos que fazem parte do processo produtivo educacional. O background familiar avaliado no tempo, a influência externa (pares), variáveis escolares e as habilidades inatas dos estudantes compõem os insumos. Com relação ao produto, é destacado o conhecimento adquirido durante o tempo de estudo, o qual é medido por testes padronizados.

Metodologia

Neste artigo foi adotado o modelo de DEA não discricionário desenvolvido por Ruggiero (1998). Os produtos escolhidos foram a nota média em português e matemática. Enquanto os insumos foram: proporção aluno/professor, média de alunos por sala, porcentagem de professores com ensino superior na escola, índice de infraestrutura escolar e o índice socioeconômico. Para a construção do índice de infraestrutura escolar e do índice socioeconômico foi utilizada a metodologia da Teoria de Resposta ao Item.

Análise dos Resultados

Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre a eficiência das escolas municipais e estaduais. Por fim, o trabalho sugere que, utilizando as projeções proporcionadas pelo método DEA, as escolas mais ineficientes conseguiriam alcançar a meta do IDEB prevista, ou seja, é possível melhorar a educação do estado de forma significativa tomando as escolas eficientes como base para as demais.

Conclusão

A conclusão do trabalho é que há um potencial de melhora desempenho escolar da maioria das escolas sem precisar aumentar os insumos gastos existentes. Em outras palavras, o IDEB construído usando as notas projetadas do DEA em português e matemática demonstrou que as escolas possuem um enorme potencial para melhora, e caso esse potencial fosse alcançado, conseguiriam superar a meta proposta do MEC.

Referências Bibliográficas

- JOHNES, G.; JOHNES, J. *International Handbook on the Economics of Education*. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2007.
- RUGGIERO, J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 111, n. 3, p. 461–469, 16 dez. 1998.
- GLEWEE, P. W. et al. *School Resources and Educational Outcomes in Developing Countries: A Review of the Literature from 1990 to 2010*. [s.l.] National Bureau of Economic Research, out. 2011

Eficiência escolar no ensino fundamental do Rio Grande do Norte: uma aplicação do método de Análise Envoltória de Dados não discricionário

RESUMO

Entender o que influencia o resultado educacional é tão importante quanto o resultado em si, porque permite gerir estas variáveis de forma a obter um melhor desempenho estudantil. Este trabalho faz uso da análise envoltória de dados (DEA) para comparar a eficiência das escolas do ensino fundamental do Rio Grande do Norte. Neste método não-paramétrico, é construída uma fronteira de eficiência a partir das escolas que melhor usam os insumos definidos para gerar os produtos educacionais. Algumas das variáveis consideradas como insumos e produtos foram obtidas diretamente do Censo Escolar e da Prova Brasil e outras duas foram elaboradas, com uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI) – são elas os índices socioeconômico e de infraestrutura escolar. O principal modelo de eficiência do trabalho é um DEA não discricionário permite que algumas variáveis, chamadas ambientais, sejam consideradas no cálculo das eficiências, mas são consideradas não controláveis pela unidade que está sendo avaliada. Assim, foi possível incluir um índice socioeconômico nas estimativas das eficiências de cada escola, de forma que este não pode ser alterado pela mesma. Os resultados mostraram que apenas sete escolas foram eficientes no 5º e 9º ano simultaneamente; não houve diferenças significativas entre a eficiência das escolas municipais e estaduais. Por fim, o trabalho sugere que, utilizando as projeções proporcionadas pelo método DEA, as escolas mais ineficientes conseguiriam alcançar a meta do IDEB prevista, ou seja, é possível melhorar a educação do estado de forma significativa tomando as escolas eficientes como base para as demais.

Palavras-chave: Educação. Eficiência escolar. DEA não discricionário.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas um dos maiores avanços no setor educacional brasileiro tem sido a preocupação em medir e divulgar os desempenhos de escolas em testes internacionais e nacionais além de informações das mesmas, através dos censos escolares. Em 1990 foi criado o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB), com o objetivo de avaliar e contribuir para a melhoria da qualidade e universalização do acesso à escola, culminando com a criação da Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (Anresc) conhecida como Prova Brasil, em 2005. Estas políticas incluíram a disponibilidade de amplas bases de dados sobre o desempenho e características dos sistemas educacionais, possibilitando o desenvolvimento de estudos com o propósito de investigar o que gera impacto sobre o desempenho do aluno bem como o que possibilita a eficiência do sistema de ensino.

Internacionalmente, o Brasil passou a participar do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), criado e realizado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Os resultados do país nas últimas três avaliações (2006, 2009 e 2012) mostraram que, apesar de suas notas terem melhorado, sua colocação piorou. No último ano, o Brasil se colocou na 57ª posição dentre 65 países, ficando atrás de outros países de nível socioeconômico semelhante e até mesmo inferior, como por exemplo: Trinidad e Tobago, Uruguai, Chile e México (OCDE-INEP).

Duas alternativas geralmente são proferidas para se melhorar o desempenho educacional: (1) um aumento do volume de recursos ou (2) uma maior eficiência no uso desses recursos (GLEWEE *et al.*, 2011). Hanushek (2006) contesta a primeira opção, apesar de esta ser usualmente a preferida pelos agentes públicos, mostrando que não há evidências empíricas na literatura, para essa conclusão.

Para fundamentar a segunda possibilidade, observam-se os recursos monetários sendo transformados em insumos educacionais e estes insumos em aprendizado. A ineficiência, em alguma dessas duas etapas, na aplicação dos recursos pode ser uma das explicações pelos fracos resultados obtidos por um país e/ou pela heterogeneidade dos resultados existentes dentro de um mesmo país. Alguns autores apontam que há evidências de que o desempenho educacional, de forma geral, está mais relacionado à ineficiência da aplicação e gestão dos recursos financeiros do que à escassez dos mesmos (HANUSHEK, 1986; BARROS et al., 2001; FILHO e AMARAL, 2009).

Focando-se na eficiência técnica a partir de insumos educacionais, constata-se que há enorme heterogeneidade entre escolas de um país e até mesmo dentro de um Estado ou Município. As razões para estas diferenças na eficiência das escolas - além de fatores extraescolares, como as condições socioeconômicas das famílias dos alunos - envolvem questões culturais, políticas e administrativas. A análise de eficiência entre escolas de um mesmo Estado brasileiro elimina algumas heterogeneidades culturais maiores (existentes entre países, regiões de um país e, algumas vezes, entre estados), e parte das questões políticas e de gestão externas às escolas, dado que em um mesmo Estado toda as escolas estão subordinadas a uma mesma legislação federal e estadual e a uma única secretaria de educação, apesar de ainda existirem duas esferas (municipal e estadual) atuantes no ensino básico. Com isso, pode-se concentrar nas variações de eficiência entre estas duas esferas e nas idiossincrasias da gestão de cada escola.

Muitas das medições de performance educacional se limitam apenas a comparação do resultado da prova. Apesar disto indicar, de forma grosseira, quais escolas/municípios/estados/países possuem notas melhores que outros, não informa o que é responsável por esse resultado e quem está sendo eficiente entre as unidades comparadas.

Uma análise que considere diretamente algumas destas variáveis não controláveis pela escola, sobretudo as condições socioeconômicas de seus alunos, pode servir para identificação das escolas com melhores práticas gerenciais dos insumos escolares, descontando as dificuldades exógenas que influenciam o resultado. Com ela é possível criar uma lista de escolas semelhantes para cada escola ineficiente e cuja prática pode ser assimilada. É possível também ranquear as escolas de acordo com sua própria competência, ponderando pelo ambiente inserido, assim fazendo uma análise mais justa do que a comparação direta de um indicador ou resultado bruto.

Desse modo, uma escola é considerada eficiente quando o desempenho dos alunos (produto) é máximo diante do uso mínimo de recursos (insumos). No entanto, o desempenho dos alunos não é somente influenciado por variáveis sob o controle da escola e, como exposto na próxima seção, os fatores escolares são responsáveis por menos da metade da variação deste desempenho. Portanto, se esse fato não for levado em consideração, uma hipótese é que esta eficiência calculada pode incluir um 'viés', alterando o índice de eficiência de cada unidade e/ou o total de unidades eficientes.

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) foi um método inicialmente desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) justamente para a comparação de eficiência entre escolas a partir da construção de um índice de eficiência relativo para unidades tomadoras de decisão constituintes de uma amostra, considerando múltiplos insumos e produtos.

Neste artigo, aplicou-se uma extensão recentemente desenvolvida do método DEA que permite a consideração de variáveis ambientais além das tradicionais e intraescolares, destacando-se os insumos discricionários, ou seja, aqueles controláveis pela escola e/ou rede de ensino. A ideia é fazer uma comparação mais equitativa do desempenho analisando a parcela deste pela qual a gestão da escola é responsável. Foram incorporados como insumos dois índices - de infraestrutura e socioeconômico - construídos para cada escola da amostra a partir

do método da Teoria de Resposta ao Item. As variáveis que compõem o índice socioeconômico são de grande influência para a variação do desempenho estudantil, contudo são, em geral, não controladas pelas escolas e, assim, este índice foi incluído no modelo como variável ambiental. O índice de infraestrutura é composto por variáveis da infraestrutura escolar que também tem impacto no desempenho dos alunos, mas são passíveis de ajustes pelos gestores.

Portanto, a escolha do Rio Grande do Norte como objeto do estudo é pautada pelas seguintes justificativas: (a) é uma unidade federativa carente de análises de eficiência escolar e com baixo desempenho acadêmico em relação à média nacional; (b) o Estado é relativamente pequeno, o que auxilia a homogeneidade dos fatores de dotação, ou seja, culturais e políticos; (c) apesar da gestão das escolas do Ensino Básico estar dividida entre as esferas municipais e estaduais, mesmo assim há uma interface entre ambas e estão sob a mesma divisão política; (d) há uma ausência de trabalhos acadêmicos com essa amostra e com o mesmo objetivo proposto; (e) possibilidade de compartilhar o resultado da pesquisa com os gestores públicos do sistema educacional.

Dessa forma o objetivo do estudo é analisar a eficiência das escolas públicas do ensino fundamental norte rio-grandense. Para tanto, foram construídos dois índices, um socioeconômico e outro de infraestrutura, ambos por escola do Estado do RN. Foram testados alguns modelos diferentes e a sensibilidade dos resultados a eles, além disso e fez-se uma associação dos resultados de eficiência dos modelos a algumas características das escolas. Por fim, foram identificadas as escolas que devem servir de referência no Estado do Rio Grande do Norte para as demais.

Além desta introdução e problematização, este trabalho contém outras quatro seções. A segunda seção contém uma revisão da literatura sobre educação, a qual inclui os principais autores e embasamento teórico e a revisão da literatura empírica sobre mensuração de eficiência na educação com uso do DEA, além da apresentação dos modelos DEA e da teoria de resposta ao item. Na terceira seção consta a descrição dos dados utilizados, dos modelos escolhidos e dos procedimentos metodológicos adotados. A quarta seção apresenta os resultados obtidos e a discussão relacionada a estes resultados. Por fim, na quinta seção, há a conclusão e fechamento do trabalho englobando os principais achados, limitações e possíveis extensões deste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo educacional é o contexto maior que compreende todo o processo formal de escolarização, incluindo o processo de aprendizagem. O processo de aprendizagem ocorre dentro de uma organização (escola), portanto para existir tanto a organização quanto o processo são necessários recursos para haver seu funcionamento. A função de produção relaciona esses recursos necessários e o resultado do processo/organização.

Entretanto, a função de produção educacional tem algumas diferenças quando comparada a outros tipos de função de produção, como de produtos e serviços, principalmente em sua estrutura e caráter. Além disso, seu processo produtivo é bastante distinto. Pérez e Torrubia (2003) destacam algumas características inerentes ao setor de produção educacional: (i) a natureza múltipla e intangível do produto – os produtos educacionais podem ser classificados como: conhecimento e habilidades, valores, atitudes, entre outras características; (ii) a participação do cliente no processo produtivo – o cliente (aluno) não é meramente um demandante da mercadoria, mas atua de forma ativa no processo produtivo, ou seja, é ao mesmo tempo ‘insumo’ e ‘produto’; (iii) a heterogeneidade dos serviços – devido à participação do estudante no processo produtivo, as unidades produtivas se diferenciam umas das outras; (iv) a dimensão temporal – os resultados obtidos do processo produtivo podem não ser suficientes para uma mensuração completa da produção do setor educativo, visto que é necessário observar uma trajetória completa da vida dos estudantes; (v) o caráter acumulativo do ensino; (vi) a

incidência de fatores exógenos – essa característica tem como embasamento a denominada educação informal, que não é obtida pelos anos de estudos, mas, sim, por experiências fora do setor educacional.

Hanushek (1986) aponta alguns insumos e produtos que fazem parte do processo produtivo educacional. O background familiar avaliado no tempo, a influência externa (pais), variáveis escolares e, por fim, as habilidades inatas dos estudantes compõem os insumos. Com relação ao produto, é destacado o conhecimento adquirido durante o tempo de estudo. Esse produto é medido por testes padronizados que são construídos de modo que seu resultado possa ser comparado com alunos de outros locais e com testes de outros anos. Devido ao aspecto multidimensional do processo educacional, consideram-se diferentes fatores no processo produtivo, tais como a dimensão individual; social; temporal; econômica e, finalmente, a cognitiva e a não cognitiva. A eficiência educacional é alcançar o máximo de produto dada uma quantidade de insumo ou atingir uma quantidade fixada de produto utilizando o mínimo de recurso.

Há uma parcela do resultado estudantil que não é controlada pela escola. Portanto, há um número de fatores externos à gestão escolar e que exerce um impacto no desempenho educacional dos alunos. Entre os fatores estão: as características pessoais dos alunos (habilidade inata, motivação, sexo, etnia, etc.); efeito do grupo (turma, escola, comunidade); e o nível socioeconômico da família do aluno (JOHNES; JOHNES, 2007).

Raudenbush e Willms (1995) alertam que apesar de ser uma variável importante, o nível socioeconômico não é sempre determinante para o resultado - o efeito da escola é também importante podendo fazer com que o seu desempenho obtido seja além do esperado para o seu determinado nível socioeconômico ou o inverso, ou seja, o desempenho seja inferior ao esperado.

Andrade e Laros (2007) realizaram uma análise multinível nos dados do SAEB 2001 observando os fatores associados ao desempenho escolar dividindo estes em dois níveis de análise: o nível 1 para os alunos e o nível 2 para as escolas. Um ponto significativo no estudo, no nível escolar, foi observar que o processo de seleção dos alunos é responsável por 76% da variância do desempenho entre as escolas. Um segundo ponto é que os fatores intraescolares representam 13% da variação do desempenho escolar. Em outro trabalho, utilizando metodologia semelhante, Jesus e Laros (2004) encontram um efeito de 6% dos fatores intraescolares.

Por razões sociais, econômicas, geográficas entre outras, a distribuição dos alunos pelas escolas não é aleatória. A preferência dos pais possui um papel importante e estas preferências estão pautadas pela proximidade da escola, violência da região, atividades educacionais oferecidas e o desempenho da escola medida por índices, como o IDEB, aprovação e reprovação (BARBOSA; FERNANDES, 2013).

Dessa forma, o nível de escolaridade dos pais, sobretudo da mãe, possui uma das relações mais robustas e significantes com o aprendizado dos filhos em todos os trabalhos pesquisados. Menezes-Filho (2007) encontra um efeito positivo das mães com ensino superior no desempenho dos filhos. Além de haver um efeito de espalhamento (*spill over*) dessa variável, pois o aumento da média da escolaridade das mães tem um impacto maior do que o aumento da escolaridade da própria mãe do aluno. Portanto, a localização geográfica e a seleção da escola pelos pais dos alunos são elementos fundamentais que influenciam o desempenho das escolas públicas, entretanto as mesmas geralmente não possuem domínio sobre esta etapa.

A performance escolar pode ser mensurada a partir de indicadores que utilizam os fatores acima descritos. Esses indicadores, em geral, tem a forma de proporções que representam a eficiência na produção de produtos ou na redução de insumos, descrevendo o quão bom as organizações estão no critério escolhido. É preciso haver cautela na utilização desses indicadores, sobretudo se há adequação entre os insumos e produtos utilizados por todas

as unidades que se deseja comparar e o recorte desejado na eficiência, visto que na educação há múltiplos produtos. Existem vários métodos distintos para realizar a mensuração da eficiência, alguns deles são regressão múltipla, fronteira estocástica e a análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA). A análise envoltória de dados tem uma forte relação com a educação desde o seu surgimento, por isso há uma extensa literatura empírica e modelos desenvolvidos com o objetivo de se adequarem melhor ao processo específico da educação (JOHNES; JOHNES, 2007).

A literatura do DEA para educação é bastante diversificada e utilizada para muitos objetivos. Uma das áreas de interesse é exatamente a mensuração da eficiência escolar com base nas variáveis discricionárias da escola. Entretanto não há um consenso de como modelar esse problema. Hu, Zhang e Liang, (2009) e Sarrico e Rosa (2009) utilizam os modelos básicos do DEA (CCR ou BCC) sem se preocupar com as variáveis não discricionárias, como as características socioeconômicas; outros autores utilizam modelos de DEA que capturam esse efeito da variável não discricionária como, por exemplo, o método desenvolvido por Ruggiero (1998); e, por fim, podem ser utilizados modelos em vários estágios que é uma combinação de DEA com algum método de regressão (geralmente, múltipla ou logística) para controlar esses efeitos, como indicado por Afonso e St. Aubyn, (2006) e Portela, Camanho e Borges (2012).

3 METODOLOGIA

3.1 Análise envoltória de dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) é o método não-paramétrico, não-estatístico e determinístico mais utilizado. Foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) tendo como base a programação linear e seu propósito é estimar uma fronteira possível de produção e avaliar a eficiência de cada Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Units* - DMUs) em relação à esta fronteira. Construindo uma medida de produtividade parcial composta por um conjunto de insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*). A fronteira formada pelas DMUs eficientes pode não necessariamente formar uma "fronteira de produção", mas sim levar a uma "fronteira de melhores práticas".

Em alguns processos produtivos pode existir a utilização de insumos não controláveis¹, ou seja, de insumos que não estão sujeitos ao controle da gestão, porém influenciam o processo produtivo. São exemplos os fatores geográficos, sociais e econômicos. O modelo de DEA não controlável diferencia esses dois tipos de inputs.

As variáveis discricionárias no modelo servem para distinguir DMUs com quantidades semelhantes de insumos discricionários. O esperado é que as DMUs com maior nível de variáveis discricionárias possuam um melhor resultado. As variáveis não discricionárias não estão sujeitas ao processo produtivo ou à gestão da DMU, e sim ao ambiente na qual ela está situada. Isso pode ocasionar uma má especificação do modelo e estimação enviesada da eficiência técnica (RUGGIERO, 1994 apud BENEGAS; SILVA, 2014).

Foi escolhida a especificação do modelo DEA com retornos variáveis de escala (VRS/BCC) e com orientação produto. A orientação produto significa que os insumos se mantem constantes, devido às dificuldades inerentes da aplicação na redução dos insumos, e será observado o quanto é o resultado máximo possível utilizando os insumos já existentes. Apesar disso, ainda é possível verificar quais insumos, e em que grau, não foram otimizados. Desse modo, a função objetivo é assim definida como maximizadora do desempenho escolar, e, portanto, do aprendizado estudantil.

Neste artigo foi adotado o modelo de DEA não discricionário desenvolvido por Ruggiero (1998). Os produtos escolhidos foram a nota média em português e matemática.

¹ São também conhecidas como variáveis fixadas exogenamente, variáveis discricionárias ou variáveis ambientais.

Enquanto os insumos foram: proporção aluno/professor, média de alunos por sala, porcentagem de professores com ensino superior na escola, índice de infraestrutura escolar e o índice socioeconômico. Para a construção do índice de infraestrutura escolar e do índice socioeconômico foi utilizada a metodologia da Teoria de Resposta ao Item.

3.2 Teoria de Resposta ao Item (TRI)

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) é um método utilizado para construção de variáveis latentes (não observáveis diretamente) responsáveis pela resposta de cada item, ou seja, nela, a característica latente serve como previsora das respostas observáveis (AYALA, 2009).

Uma suposição do modelo é que cada indivíduo possui uma habilidade latente distinta. Dessa forma, pode ser criada uma escala numérica situando cada respondente. Cada nível de habilidade latente (θ) terá uma probabilidade $P(\theta)$ de acerto do item. Sendo assim, a probabilidade é pequena para respondentes com baixa habilidade, enquanto a probabilidade é alta para respondentes com alta habilidade.

O modelo de dois parâmetros (2PL) foi escolhido para construir o índice de infraestrutura e socioeconômico, porque não é necessário um componente aleatório para o preenchimento de questionários (Ayala, 2009; Robins, Fraley e Krueger, 2009), sendo este o modelo usado para construção do índice de infraestrutura escolar por Neto *et al.* (2013) e o índice socioeconômico por Alves *et al.* (2014).

A curva de característica do item do modelo logístico de dois parâmetros (2PL) possui duas propriedades relacionadas aos parâmetros de dificuldade (b) e discriminação (a).

A dificuldade (b) descreve onde a função do item se situa na escala de habilidade. A dificuldade de um item é definida como a quantidade de variável latente necessária para ter uma probabilidade de 50% de acertar o item. Quanto maior o " b " do parâmetro, mais alta é a habilidade do respondente necessária para acertar o item. A discriminação (a) diferencia entre os respondentes que estão abaixo e acima da localização (dificuldade) do item, determinando quão rápido a probabilidade de acerto varia de acordo com o nível de habilidade (ROBINS; FRALEY; KRUEGER, 2009).

Os modelos da TRI podem usar variáveis dicotômicas com respostas como certo ou errado, 1 para a resposta certa e 0 para a(s) resposta(s) errada(s). E modelos politômicos (podendo ser ordinais ou não) para questões que têm mais de duas categorias de pontuação, como, por exemplo, para níveis de escolaridade: ensino fundamental completo < ensino médio completo < ensino superior completo, assim essa informação pode ser transformada em variáveis qualitativas ordinais como $1 < 2 < 3$.

O modelo de TRI que utiliza variáveis politômicas e ordinais é chamado de Modelo de Resposta Graduada (*Graded Response Model – GRM*) ou Modelo de Samejima. Estes modelos permitem separar os parâmetros para cada categoria ao mesmo tempo, identificando a partir de quanto (limite) de variável latente a probabilidade de responder uma categoria muda para outra (LINDEN; HAMBLETON, 1997).

Na próxima seção serão descritos os procedimentos metodológicos utilizados no tratamento dos dados e para criação dos índices de infraestrutura e socioeconômico, a partir da TRI, além de se apresentar a escolha das variáveis de insumo e produto e dos modelos DEA utilizados.

3.2.1 Índice de infraestrutura

Os procedimentos metodológicos usados para a construção do índice de infraestrutura escolar foi baseado no estudo de Neto *et al.* (2013).

Os autores desenvolveram um índice para todas as escolas do Brasil usando os dados do Censo escolar 2011. Inicialmente os autores empregaram 24 variáveis para a construção do índice, após um pré-teste foram descartadas duas variáveis por possuírem um poder de discriminação (a) abaixo de 0,5.

Após a replicação do artigo de Neto *et al.* (2013) foi realizada uma série de pré-testes para as amostras do estudo. As variáveis utilizadas foram: sala da diretoria; sala dos professores; laboratório de informática; laboratório de ciências; sala de atendimento educacional; quadra de esporte; biblioteca; sanitário especializado; dependências com acessibilidade; equipamento de TV; equipamento de DVD; copiadora; computador; e internet.

3.2.2 Índice Socioeconômico

O artigo de Alves, Soares e Xavier (2014) serviu de base para a construção do índice socioeconômico. O método utilizado foi o modelo de resposta graduada – também conhecido como modelo de Samejima – da Teoria de Resposta ao Item. As 16 variáveis utilizadas para construção do índice foram: televisão; rádio; DVD; geladeira; freezer; máquina de lavar roupas; carro; computador, diarista; banheiro; quartos; livros em casa; escolaridade da mãe; escolaridade do pai; mãe alfabetizada; pai alfabetizado. O índice socioeconômico foi calculado para cada aluno da escola, depois foi retirada a média dos alunos para se obter o índice por escola.

3.3 Modelos e amostragem

Este estudo utiliza os microdados da Prova Brasil e Censo escolar no ano 2011, disponibilizados no site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Os dados educacionais nas bases brasileiras são organizados hierarquicamente nos seguintes níveis: alunos; turma; escola; município; estado; país. Além de dados no nível escolar, dados no nível dos alunos são agregados para criação do índice socioeconômico das escolas.

O objetivo foi construir as variáveis de insumo e produto que serão usadas no modelo DEA e que estão listadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1
Variáveis construídas e origem dos dados

| Insumos | Produtos |
|---|---|
| x_1 - Proporção aluno/professor – Prova Brasil | y_1 - Nota média em português – Prova Brasil |
| x_2 - Média de alunos por sala – Prova Brasil | y_2 - Nota média em matemática – Prova Brasil |
| x_3 - Porcentagem de professores com ensino superior – Prova Brasil | |
| x_4 - Índice de infraestrutura – Censo escolar | |
| z_1 - Índice socioeconômico – Prova Brasil | |

Fonte: Elaboração do autor

Os produtos são as notas médias de português e matemática na Prova Brasil, os resultados dos testes padronizados servem para avaliar o desempenho acadêmico dos alunos.

No lado dos insumos, a porcentagem de professores com ensino superior é uma variável que serve para capturar a qualidade média dos docentes da escola (DELGADO; MACHADO,

2007); a média de alunos por sala possui um argumento semelhante, menores salas possibilitariam melhor aprendizado (ANGRIST; LAVY, 1997); a proporção aluno professor da escola pode influenciar o aprendizado a partir do maior tempo do professor para cada aluno possibilitando uma atenção mais individualizada (ARNOLD *et al.*, 1996); alunos em escolas com uma infraestrutura adequada e de qualidade aprendem mais do que alunos sem essas condições (BARROS *et al.*, 2001); o índice socioeconômico está relacionado a função de produção como fator mais importante para o aprendizado estudantil (HANUSHEK, 1986).

Tabela 2

Modelos da análise de sensibilidade

| Nome da variável | Nome da variável |
|--|---|
| Modelo completo | Modelo 1 – Todas as variáveis |
| Modelos retirando algumas variáveis | Modelo 2 – Sem o índice socioeconômico (z_1) Modelo 3 – Sem o índice de infraestrutura (x_4) |
| Modelo mudando o tipo de DEA utilizado | Modelo 4 – DEA não controlável - para o insumo índice socioeconômico (z_1) |

Fonte: Elaboração do autor

Assim, foi efetuada uma divisão das escolas participantes por ano - 5º ano e 9º ano -, visto que a análise objetiva comparar o desempenho da mesma escola em cada ano separadamente.

O censo escolar foi utilizado para a construção do índice de infraestrutura escolar. Esta base possui o maior número de observações, porém a variável principal para a análise é a nota da Prova Brasil, desse modo esta é a referência para as observações perdidas.

Na Prova Brasil de 2011 as notas só foram publicadas para aquelas escolas cuja taxa de participação foi superior a 50%; no Rio Grande do Norte, 23 escolas não atingiram esse patamar de participação, e, portanto, foram excluídas da amostra.

Durante a construção do índice de infraestrutura escolar, 84 escolas foram perdidas por não terem respondido nenhuma questão sobre a infraestrutura. Assim, restaram 1042 escolas na amostra, das quais 328 possuíam turmas nos dois anos; 496, apenas no quinto ano; e 218, apenas no nono ano. Estas perdas de observações não são tão graves para o método DEA visto que só influenciariam o resultado caso essas escolas estivessem na fronteira de eficiência. Infelizmente não há como saber se elas estariam ou não na fronteira, porque o método não permite generalizações somente podendo inferir seus resultados para a própria amostra, assim não há como saber a eficiência dessas 107 escolas perdidas. No entanto, o método continua válido como forma de comparação de eficiência entre as escolas que restaram na amostra.

Por fim, a amostra final obtida e usada ao longo de todos os modelos consiste em 824 escolas do 5º ano e 546 do 9º ano para o período de 2011.

As Tabelas 3 e 4 exibem as estatísticas descritivas dos insumos e produtos calculados para os modelos DEA, dividindo as escolas em 5º ano e 9º ano.

Tabela 3

Estatística descritiva das escolas do 5º ano

| Variáveis | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
|--|-------|---------------|--------|--------|
| Média de alunos por turma | 27,6 | 5,4 | 13,1 | 43,0 |
| Proporção aluno/professor | 10,9 | 7,2 | 3,1 | 33,3 |
| Porcentagem de professores com ensino superior | 76,5% | 22,6% | 0,0% | 100,0% |

| | | | | |
|--------------------------|-------|------|-------|-------|
| Índice de infraestrutura | 5,0 | 1,5 | 0,0 | 8,5 |
| Índice socioeconômico | 5,1 | 0,3 | 4,0 | 6,0 |
| Nota média em português | 166,7 | 16,7 | 116,8 | 223,6 |
| Nota média em matemática | 181,7 | 17,5 | 139,8 | 243,3 |

Fonte: Resultado da pesquisa

Tabela 4

Estatística descritiva das escolas do 9º ano

| Variáveis | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo |
|--|-------|---------------|--------|--------|
| Média de alunos por turma | 29,7 | 6,6 | 12,1 | 55,3 |
| Proporção aluno/professor | 5,4 | 2,0 | 2,6 | 21,6 |
| Porcentagem de professores com ensino superior | 87,1% | 15,7% | 8,2% | 100,0% |
| Índice de infraestrutura | 5,0 | 1,4 | 0,6 | 7,7 |
| Índice socioeconômico | 5,0 | 0,2 | 4,0 | 5,9 |
| Nota média em português | 224,2 | 15,8 | 175,1 | 271,8 |
| Nota média em matemática | 230,8 | 17,0 | 177,3 | 285,9 |

Fonte: Resultado da pesquisa

Os índices de infraestrutura e socioeconômico foram construídos com média 0 e medidos em desvios padrão entre -3 e 3. Para possuir valores positivos, a fim de serem utilizados no DEA, foi preciso fazer uma transformação linear para que os valores ficassem entre 0 e 10. Com isso, os resultados ficaram com média 5 para ambos os índices e o desvio padrão em torno de 1,5 para o índice de infraestrutura escolar e 0,3 para o índice socioeconômico, ou seja, as escolas possuem uma composição socioeconômica parecidas.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados dos modelos 1 ao 4 são referentes às escolas do ensino fundamental do Rio Grande do Norte participantes da Prova Brasil 2011. Os quatro modelos da análise envoltória de dados utilizaram o retorno variável de escala (BCC) e a orientação produto. Primeiramente será analisado o resultado do 5º ano e, posteriormente, do 9º ano. Os resultados do quinto ano estão resumidos na Tabela 5.

Tabela 5

Estatísticas do resultado do DEA para os modelos 1, 2, 3 e 4 para as escolas do 5º ano

| Amostra - 824 | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Média de eficiência | 85% | 83,1% | 83,2% | 85,2% |
| Máximo | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Mínimo | 62,8% | 60,6% | 62,8% | 62,8% |
| Desvio padrão | 0,085 | 0,085 | 0,084 | 0,087 |
| Número de DMUs eficientes | 85 | 63 | 52 | 84 |
| Número de DMUs ineficientes | 739 | 761 | 772 | 740 |
| Porcentagem de escolas eficientes | 11,5% | 8,3% | 6,7% | 11,4% |

Fonte: Resultado da pesquisa

O modelo 1 consiste dos insumos: média de alunos por sala, proporção aluno/professor, porcentagem de professores com ensino superior, índice de infraestrutura escolar e índice socioeconômico. Os produtos são: nota média da escola em português e nota média da escola em matemática.

Do total de 824 escolas da amostra do 5º ano, 85 foram eficientes (escore de eficiência $\theta = 100\%$) e 739 ineficientes (escore de eficiência $\theta < 100\%$). A eficiência média do modelo foi 85%.

No modelo 2, que diferiu do 1 pela retirada do índice socioeconômico, o número de escolas eficientes passou a ser 63 - portanto um decréscimo de 22 escolas em relação ao primeiro modelo. A eficiência média foi 83,1%, sendo 2,9% inferior ao modelo 1.

O modelo 3 contém os mesmos insumos do modelo 1, com exceção do índice de infraestrutura escolar. A eficiência média foi de 83,2% e o número de DMUs eficientes neste modelo foi de 52, sendo assim, 772 foram ineficientes. Este foi o menor número de DMUs eficientes entre todos os modelos, com 6,7% do total.

O modelo 4² possui os mesmos insumos e produtos do modelo 1. A diferença é o método usado do DEA, sendo este o método não controlável. Os resultados deste modelo foram muito próximos aos do modelo 1 com a eficiência média ficando um pouco maior, 85,2%, enquanto o número de DMUs eficientes apenas uma unidade menor, ou seja, 84. Este modelo faz com que não haja projeções para o índice socioeconômico por este ser uma variável não discricionária.

A eficiência mínima para os modelos 1, 3 e 4 foi de 62,8% e para o modelo 2 de 60,6%, não havendo assim uma grande diferença entre os modelos e, de certa forma, apontando para uma homogeneidade nos resultados da eficiência, uma vez que a eficiência técnica média nos modelos ficou entre 83,1% e 85,2%. Assim, há uma oportunidade de acréscimo nos resultados educacionais de pelo menos 15% somente a partir da melhoria da eficiência dos insumos escolares.

A análise para o nono ano seguiu o mesmo procedimento, sendo testados os 4 modelos propostos. O total de escolas da amostra participantes da Prova Brasil 2011 no nono ano foi de 546, conforme os resultados na tabela 6.

Tabela 6

Estatísticas do resultado do DEA para os modelos 1, 2, 3 e 4 para as escolas do 9º ano

| Amostra - 824 | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Média de eficiência | 88,8% | 87,6% | 86,6% | 89% |
| Máximo | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Mínimo | 66,8% | 66,1% | 66% | 66,7% |
| Desvio padrão | 0,065 | 0,064 | 0,065 | 0,065 |
| Número de DMUs eficientes | 47 | 28 | 28 | 47 |
| Número de DMUs ineficientes | 499 | 518 | 518 | 499 |
| Porcentagem de escolas eficientes | 9,4% | 5,4% | 5,4% | 9,4% |

Fonte: Resultado da pesquisa

² O modelo não discricionário (NDSC) foi testado nas análises, porém o seu resultado foi idêntico ao retorno variável de escala (BCC).

O modelo 1 com todos os insumos e produtos e retorno variável de escala com orientação produto obteve 88.8% de eficiência média e 47 escolas na fronteira de eficiência. Este resultado foi muito parecido com o modelo 4 - a única diferença nas estatísticas foi que a eficiência média do modelo 4 é 0,2% maior e o mínimo de eficiência foi 0,1% menor que o modelo 1.

Os modelos 2 e 3 também possuíram resultados semelhantes com 28 escolas eficientes e eficiência média para os modelos de, respectivamente, 87,6% e 86,6%.

É possível visualizar uma semelhança nos resultados entre os diferentes modelos, para ambas as séries. O modelo 4 foi aquele com maior eficiência média seguido dos modelos 1, 2 e 3, ou seja, o escore de eficiência média dos modelos foi: $\bar{\theta}_4 > \bar{\theta}_1 > \bar{\theta}_2 > \bar{\theta}_3$.

Dentre todos os modelos, aquele escolhido para análise em pormenor foi o número quatro, devido a sua melhor adequação teórica ao problema proposto. A justificativa para esta escolha foi: o modelo DEA não controlável é o que reflete a natureza do insumo 'índice socioeconômico' não gerenciável pelas escolas; também é o modelo mais completo com todos os insumos escolares disponíveis, o que permite um leque de opções maior para que cada DMU seja eficiente no processo produtivo. Portanto, as análises a seguir têm como base apenas o modelo 4³.

4.1 Escolas eficientes no quinto e nono ano

O total de escolas com turmas no 5º e 9º ano que realizaram a Prova Brasil foi de 328. Desse subgrupo, 22 escolas foram eficientes no 5º ano e 21 escolas no 9º ano, enquanto 7 escolas foram eficientes, simultaneamente, no 5º e 9º ano. Para mensurar a consistência na eficiência das escolas ao longo das séries foi feita uma correlação entre os escores de eficiência dessas escolas, conforme procedimento adotado por Portela (2012). O coeficiente de correlação encontrado foi de 0,48, indicando uma correlação moderada entre os escores e uma certa tendência na eficiência da mesma escola para diferentes séries.

A Tabela 7 apresenta as escolas que foram eficientes nos dois anos analisados, simultaneamente. No total, foram 7 escolas eficientes, sendo 6 municipais e 1 estadual. Apenas uma escola é da capital e, o restante, por conseguinte, do interior.

Tabela 7

Escolas eficientes no 5º e 9º ano

| Código da escola | Nome da escola | Município | Nota PB padronizada a 5º ano | IDEB 5º ano | Nota PB padronizada 9º ano | IDEB 9º ano |
|------------------|---|-------------|------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| 24003220 | Escola Municipal Professor Manoel Assis | Mossoró | 6,4 | 6.2 | 5,3 | 4.6 |
| 24003298 | Escola Municipal Rotary | Mossoró | 6,2 | 6 | 5,7 | 5.4 |
| 24036820 | E. M. José N de Figueiredo | Ouro Branco | 5,2 | 4.4 | 5,1 | 4.5 |
| 24037028 | E. E. Barão do Rio Branco | Parelhas | 6,4 | 6.1 | 5,7 | 5.6 |
| 24039047 | E. M. Tancredo de Almeida Neves | Parazinho | 5,3 | 4.3 | 4,9 | 3.5 |

³ Apesar de os resultados médios serem parecidos entre os modelos 1 e 4, a identidade das escolas eficientes não é a mesma. Dessa forma, apesar do número de escolas e a média desses dois modelos serem muito próximas, por volta de um terço das escolas que compõe a fronteira são diferentes, e conseqüentemente, a fronteira e o *benchmark* calculado são distintos entre os modelos. Essa diferença de identidade pode ter influências na análise de comparações que são feitas a seguir.

| | | | | | | |
|----------|------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 24060380 | E. M. Prof. Palmira de Souza | Natal | 4,9 | 4.2 | 5,0 | 3.9 |
| 24080276 | E. M. Hermann Gmeiner | Caicó | 5,8 | 5.5 | 5,1 | 2.8 |

Fonte: Resultado da pesquisa (INEP)

4.2 Diferença na eficiência das escolas estaduais e municipais

A Tabela 8 mostra a diferença entre a eficiência das escolas municipais e estaduais para o modelo 4, escolhido para as demais análises. Do total de 824 escolas do 5º ano, 543 são municipais e 281 estaduais, havendo assim uma grande diferença entre as amostras, já no nono ano a diferença é bem pequena com 281 escolas municipais e 265 escolas estaduais.

Tabela 8

Diferença na eficiência entre as escolas municipais e estaduais

| Modelo 4 - 2011 | 5º ano | | 9º ano | |
|-----------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Municipal | Estadual | Municipal | Estadual |
| Número de escolas | 543 | 281 | 281 | 265 |
| Eficiência média | 84,8% | 86,0% | 88,8% | 89,2% |
| Desvio padrão | 8,7% | 8,6% | 6,6% | 6,5% |
| Mínimo | 62,8% | 68,0% | 71,6% | 66,7% |
| Máximo | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Número de escolas eficientes | 53 | 31 | 26 | 21 |
| Porcentagem de escolas eficientes | 9,8% | 11,0% | 9,3% | 7,9% |

Fonte: Resultado da pesquisa

A eficiência média, a eficiência mínima e a porcentagem de escolas eficientes são um pouco maiores no quinto ano para as escolas estaduais do que para as municipais (86% contra 84,8%; 68% contra 62,8%; e 11% contra 9,8%, respectivamente). A situação é invertida quando se analisa o desempenho no nono ano: a eficiência média é muito próxima entre os dois tipos de escolas (88,8% para as municipais e 89,2%, para as estaduais), entretanto o valor da eficiência mínima e o número de escolas eficientes municipais é maior (71,6% contra 66,7%; e 9,3% contra 7,9%, respectivamente).

Em resumo, não foi constatada grande diferença entre as eficiências médias das escolas municipais e estaduais, nos dois anos de ensino; as eficiências mínimas apresentaram uma diferença razoável, porém foi menor para uma escola da rede municipal, no quinto ano, e menor, para uma escola da rede estadual, no nono ano; o número de escolas eficientes variou bastante entre as duas redes, mas pouco quando se observam os percentuais de escolas eficientes. Assim, no geral, não há uma clara diferença de eficiência entre as duas redes.

4.3 Análise das escolas ineficientes

As Tabelas 9 e 10 informam as 5 escolas mais ineficientes por série, com suas respectivas eficiências, IDEB de 2011, e a meta prevista pelo INEP para aquele ano. As projeções dos produtos 'nota média em português' e 'nota média em matemática' são os valores necessários para que as escolas em questão alcançassem a fronteira de eficiência. Foram utilizadas essas projeções para construir um IDEB projetado, definido como o IDEB da escola

caso ela tivesse obtido os valores projetados de português e matemática multiplicados pela taxa de aprovação.

Como o modelo DEA usado tem orientação produto, significa que o valor projetado poderia ser alcançado com os insumos já existentes. Este valor é calculado quando a escola em questão é comparada com as escolas que compõem a fronteira de eficiência/melhores práticas.

Quando comparado o IDEB de 2011, o IDEB projetado e a meta do IDEB para 2011 da Tabela 9, constata-se que as 5 escolas ineficientes possuem um IDEB abaixo da meta estabelecida, considerando a taxa de aprovação constante. Se obtivessem o IDEB projetado, todas as 5 escolas superariam a meta IDEB com facilidade. Portanto, para essas escolas, o seu potencial não está sendo explorado e, caso elas tivessem o desempenho semelhante às escolas eficientes, o seu resultado no IDEB seria superior à meta proposta.

Tabela 9

Projeção do IDEB para as 5 escolas com menor eficiência do 5º ano

| Código da escola | Eficiência | Taxa de aprovação | Port. | Mat. | IDEB | Port. projeção | Mat. projeção | IDEB projetado | Meta IDEB 2011 |
|------------------|------------|-------------------|-------|-------|------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 24060844 | 62,8% | 80,4% | 116,8 | 139,8 | 2,2 | 199,0 | 222,7 | 3,6 | 2,8 |
| 24040860 | 63,1% | 68,4% | 131,3 | 144,1 | 2,1 | 208,3 | 228,6 | 3,4 | 3 |
| 24055603 | 63,6% | 67,0% | 135,3 | 143,3 | 2,1 | 212,6 | 238,9 | 3,4 | 2,9 |
| 24029637 | 65,5% | 79,0% | 139,3 | 151,9 | 2,7 | 212,6 | 231,8 | 4,1 | 3,1 |
| 24281336 | 65,5% | 70,7% | 139,8 | 147,9 | 2,4 | 213,2 | 229,9 | 3,6 | 2,3 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

Na tabela 10 a diferença entre o IDEB projetado e o real varia entre 0,8 e 1,3 pontos, também sendo suficiente para superar a meta. Apenas a escola de Pedro Avelino obteria um resultado exatamente igual à meta. Entretanto, esta escola apresenta outro problema além do baixo aprendizado: sua taxa de aprovação é de apenas 45%, e isso faz com que seu resultado final do IDEB seja bastante prejudicado. Por isso, nessa escola, os gestores precisariam tratar desses dois problemas simultaneamente. Isso não quer dizer que as taxas de aprovação das outras escolas estejam em patamares aceitáveis, significa apenas que esta escola está bem abaixo dos seus pares.

Tabela 10

Projeção do IDEB para as 5 escolas com menor eficiência do 9º ano

| Código da escola | Eficiência | Taxa de aprovação | Port. | Mat. | IDEB | Port. projeção | Mat. projeção | IDEB projetado | Meta IDEB 2011 |
|------------------|------------|-------------------|-------|-------|------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 24039080 | 66,7% | 84% | 182,5 | 175,1 | 2,2 | 262,3 | 273,4 | 3,5 | 3,1 |
| 24028231 | 71,6% | 45% | 182,9 | 181,5 | 1,2 | 253,5 | 255,5 | 2,0 | 2,0 |
| 24052353 | 73,8% | 91% | 193,6 | 191,7 | 2,8 | 259,6 | 269,0 | 3,9 | 3,5 |
| 24063207 | 75,1% | 70% | 207,3 | 199,6 | 2,4 | 265,6 | 278,5 | 3,2 | 2,6 |
| 24010804 | 75,9% | 78% | 205,4 | 194,1 | 2,6 | 258,4 | 270,5 | 3,4 | 2,6 |

Fonte: Resultado da Pesquisa

Desse modo, é possível visualizar que a mudança proposta pelo método DEA teria um efeito significativo no resultado e que essa mudança é ponderada pelos insumos intraescolares, potencial socioeconômico dos alunos e comparando com escolas próximas e semelhantes, do mesmo estado e município.

Apesar de já existirem as metas do IDEB, criadas pelo MEC, o método DEA também é capaz de sugerir metas no desempenho educacional para cada escola analisada, com o diferencial de considerar as escolas semelhantes para a projeção da meta, a localidade e a competência da escola ao ponderar por insumos não discricionários. O resultado do DEA ainda sugere que as metas propostas pelo MEC são possíveis de serem alcançadas pelas escolas, ou seja, a meta não está além da capacidade da escola.

5 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi analisar a eficiência escolar a partir dos insumos intraescolares para as escolas da rede pública do Rio Grande do Norte. Para isto, foram criadas duas variáveis usando a Teoria de Resposta ao Item: o índice de infraestrutura escolar que resume a qualidade da infraestrutura de uma escola e o índice socioeconômico que captura as características socioeconômicas do corpo discente de cada escola, as quais refletem a função de produção teórica da educação necessária para uma melhor análise do processo produtivo de cada escola.

Foram testados 4 diferentes modelos, os quais, no geral, não apresentam grandes diferenças entre si, o modelo 4 – não discricionário – foi mais equitativo, beneficiando as escolas com menores índices socioeconômicos. Este resultado foi semelhante a outros artigos como Camanho, Portela e Vaz (2009) e Pande e Patel (2012) que analisaram as diferenças entre o modelo não discricionário e os modelos básicos (CCR e BCC) do DEA. A partir desta constatação, foi escolhido o modelo de variáveis não controláveis para uma análise mais detalhada.

Apesar do baixo desempenho na Prova Brasil, a maioria das escolas está perto da fronteira de eficiência, esse resultado enfatiza a existência de relativa homogeneidade entre as escolas do Estado do Rio Grande do Norte.

Constatou-se, ainda, que não houve diferenças significativas entre a eficiência das escolas públicas municipais e estaduais. Houve uma correlação moderada na eficiência das escolas para as diferentes séries, sendo 7 escolas eficientes tanto no 5º ano como no 9º ano.

Foi observado que não houve grandes diferenças na eficiência devido a fatores ambientais. Entretanto a utilização do modelo de variáveis não discricionárias provoca modificações na fronteira de eficiência, beneficiando uma maior quantidade de escolas com menor nível socioeconômico, sendo assim relevante no momento de decidir qual modelo DEA é o mais adequado, teoricamente, à aplicação.

A conclusão do trabalho é que há um potencial de melhora desempenho escolar da maioria das escolas sem precisar aumentar os insumos gastos existentes. Em outras palavras, o IDEB construído usando as notas projetadas do DEA em português e matemática demonstrou que as escolas possuem um enorme potencial para melhora, e caso esse potencial fosse alcançado, conseguiriam superar a meta proposta do MEC. O método ainda permite a criação de metas para cada escola, de forma semelhante a meta do MEC.

Dentre as principais limitações do trabalho estão a análise transversal e uma base de dados relativamente pequena devido ao foco no ensino fundamental apenas do Rio Grande do Norte. Sendo assim, o trabalho pode ser estendido futuramente através de análises longitudinais, ou seja, da análise da eficiência e sua mudança ao longo dos anos, através do índice de Malmquist ou DEA dinâmico. Uma outra possibilidade é tentar captar as duas fases da eficiência escolar através da utilização do DEA network, computando a eficiência da transformação dos recursos financeiros em insumos escolares e, em seguida, o uso destes insumos em desempenho. Outra possibilidade é realizar um DEA dois estágios em conjunto com algum modelo econométrico. Por fim, pode-se comparar o modelo proposto neste estudo

com um modelo incluindo a nova variável socioeconômica e de qualificação do professor disponíveis na Prova Brasil 2013.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A.; ST. AUBYN, M. Cross-country efficiency of secondary education provision: A semi-parametric analysis with non-discretionary inputs. **Economic Modelling**, v. 23, n. 3, p. 476–491, maio 2006.

ALVES, M. T. G.; SOARES, J. F.; XAVIER, F. P. O Nível Socioeconômico das Escolas de Educação Básica Brasileiras. **VII Reunião da ABAVE – Avaliação e currículo: um diálogo necessário**, v. 0, n. 1, p. 15–32, 9 jan. 2014.

ANDRADE, J. M.; LAROS, J. A. Fatores associados ao desempenho escolar: estudo multinível com dados do SAEB/2001. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 23, n. 1, 2007.

ANGRIST, J. D.; LAVY, V. **Using Maimonides' Rule to Estimate the Effect of Class Size on Student Achievement**. [s.l.] National Bureau of Economic Research, jan. 1997. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w5888>>. Acesso em: 18 maio. 2015.

ARNOLD, V. L. *et al.* Chapter 12 New uses of DEA and statistical regressions for efficiency evaluation and estimation — with an illustrative application to public secondary schools in Texas. **Annals of Operations Research**, v. 66, n. 4, p. 255–277, 1 ago. 1996.

AYALA, R. J. D. **The Theory and Practice of Item Response Theory**. [s.l.] Guilford Press, 2009.

BARBOSA, M. E. F.; FERNANDES, C. Modelo multinível: uma aplicação a dados de avaliação educacional. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 0, n. 22, p. 135–154, 14 out. 2013.

BARROS, R. P. DE *et al.* Determinantes do desempenho educacional no Brasil. **www.ipea.gov.br**, out. 2001.

BENEGAS, M.; SILVA, F. G. F. DA. Estimativa da eficiência técnica do SUS nos estados brasileiros na presença de insumos não-discricionários. **Revista Brasileira de Economia**, v. 68, n. 2, p. 171–196, jun. 2014.

CAMANHO, A. S.; PORTELA, M. C.; VAZ, C. B. Efficiency analysis accounting for internal and external non-discretionary factors. **Computers & Operations Research**, Selected papers presented at the Tenth International Symposium on Locational Decisions (ISOLDE X). v. 36, n. 5, p. 1591–1601, maio 2009.

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

DELGADO, V. M.; MACHADO, A. F. Eficiência das escolas públicas estaduais de Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 37, n. 3, p. 427–464, 2007.

FILHO, N. A. M.; AMARAL, L. F. L. E. A relação entre gastos educacionais e desempenho escolar. **Inspir Instituto de Ensino e Pesquisa**, n. Working paper 164, 2009.

GLEWWE, P. W. *et al.* **School Resources and Educational Outcomes in Developing Countries: A Review of the Literature from 1990 to 2010**. [s.l.] National Bureau of Economic Research, out. 2011. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w17554>>. Acesso em: 5 nov. 2014.

HANUSHEK, E. A. The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools. **Journal of Economic Literature**, v. 24, n. 3, p. 1141–1177, 1986.

_____. Chapter 14 School Resources. *In*: E. HANUSHEK AND F. WELCH (Ed.). . **Handbook of the Economics of Education**. [s.l.] Elsevier, 2006. v. Volume 2p. 865–908.

HU, Y.; ZHANG, Z.; LIANG, W. Efficiency of primary schools in Beijing, China: an evaluation by data envelopment analysis. **International Journal of Educational Management**, v. 23, n. 1, p. 34–50, 2009.

JESUS, G. R. DE; LAROS, J. A. Eficácia escolar: regressão multinível com dados de avaliação em larga escala. **Avaliação Psicológica**, v. 3, n. 2, p. 93–106, nov. 2004.

JOHNES, G.; JOHNES, J. **International Handbook on the Economics of Education**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2007.

LINDEN, W. J. VAN DER; HAMBLETON, R. K. **Handbook of Modern Item Response Theory**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 1997.

MENEZES-FILHO, N. A. **Os determinantes do desempenho escolar do Brasil**. [s.l.] IFB, 2007.

NETO, J. J. S. *et al.* Uma escala para medir a infraestrutura escolar. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 24, n. 54, p. 78–99, 2013.

PANDE, S.; PATEL, G. ASSESSING THE IMPACT OF NON-DISCRETIONARY VARIABLES ON THE PERFORMANCE OF PHARMACY RETAIL STORES USING DEA APPROACH. **Business Intelligence Journal (19182325)**, v. 5, n. 2, 2012.

PÉREZ, M. A. M.; TORRUBIA, M. J. M. Aspectos clave de la evaluación de la eficiencia productiva en la educación secundaria. **Papeles de economía española**, v. 25, p. 162–187, 2003.

PORTELA, M.; CAMANHO, A.; BORGES, D. Performance assessment of secondary schools: the snapshot of a country taken by DEA. **Journal of the Operational Research Society**, 2012.

RAUDENBUSH, S. W.; WILLMS, JD. The Estimation of School Effects. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, v. 20, n. 4, p. 307–335, 21 dez. 1995.

ROBINS, R. W.; FRALEY, R. C.; KRUEGER, R. F. **Handbook of Research Methods in Personality Psychology**. [s.l.] Guilford Press, 2009.

RUGGIERO, J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 111, n. 3, p. 461–469, 16 dez. 1998.

SARRICO, C. S.; ROSA, M. J. Measuring and comparing the performance of Portuguese secondary schools: A confrontation between metric and practice benchmarking. **Journal of Productivity and Performance Management**, v. 58, n. 8, p. 767–786, 2009.