Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Vitor Akkerman Aronis

ALOCAÇÃO ÓTIMA DOS INVESTIMENTOS EDUCACIONAIS NO BRASIL

São Paulo

2015

Vitor Akkerman Aronis

Alocação Ótima dos Investimentos Educacionais no Brasil

Projeto final de monografia, requisito para conclusão do curso de graduação em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Correia de Souza - Insper

São Paulo

2015

Akkerman Aronis, Vitor

Alocação Ótima dos Investimentos Educacionais no Brasil / Vitor Akkerman Aronis. – São Paulo: Insper, 2015.

28f.

Monografia: Faculdade de Economia e Administrção. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Correia de Souza – Insper

1. Crescimento da renda 2. Alocação dos investimentos educacionais 3. Distância da fronteira tecnológica

Vitor Akkerman Aronis

Alocação Ótima dos Investimentos Educacionais no Brasil

Projeto final de monografia, requisito para conclusão do curso de graduação em Ciências Econômicas.

Data da aprovação:___/___/___.

Banca Examinatória:

_____.

Eduardo Correia de Souza

Insper

_____.

Naércio Aquino Menezes Filho

Insper

_____.

Marcelo Rodrigues dos Santos

Insper

Resumo

O presente trabalho busca contribuir para o campo de estudos da educação e do crescimento regional no Brasil. Dessa forma, o principal objetivo é verificar se de fato foi observado um crescimento da renda per capita nos estados brasileiros que obtiveram uma alocação ótima dos recursos educacionais. Para tanto, foi utilizada uma análise em painel com dados anuais de 26 estados brasileiros no período de 2005 a 2012, retirados do IBGE[1], do INEP[2] e do EPE[3]. Em suma, espera-se verificar com maior precisão que os investimentos alocados no ensino superior possuem maior efeito no crescimento da renda dos estados mais próximos a fronteira tecnológica. Concomitantemente, para os estados mais distantes da fronteira, a alocação ótima destes recursos seria nos níveis básicos de ensino.

Palavras-chave: crescimento da renda, alocação dos investimentos educacionais, distância da fronteira tecnológica.

[1] IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
[2] INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas
[3] EPE: Empresa de Pesquisa Energética

1. Introdução

A partir da década de 1980 surgiram os primeiros estudos sobre o impacto do capital humano no crescimento econômico. Lucas (1988) e Mankiw et al (1992) foram os pioneiros a testar esses modelos e a concluir tal relação. Ao decorrer dos anos, houve um aperfeiçoamento na modelagem desta variável explicativa, e, em decorrência disso, surgiram novos estudos que demonstraram o efeito da educação no crescimento da renda per capita.

Atualmente, o sistema educacional brasileiro é um dos principais obstáculos para o desenvolvimento do país. A gestão deste setor engloba, entre outras medidas, a administração dos investimentos públicos a ele destinados. No entanto, persistem dúvidas acerca da distribuição ótima destes recursos nos diferentes níveis educacionais, pois mais importante do que a quantidade empregada, é saber a eficiência da alocação destes investimentos. Em que setor da educação o governo deve investir, em determinado estado, para obter um melhor retorno no crescimento daquela região? Esta é a pergunta norteadora do trabalho para que então seja possível analisar se os estados brasileiros estão, efetivamente, investindo de maneira ótima.

Dessa forma, este estudo procura encontrar uma relação entre a alocação ótima dos investimentos educacionais nos estados brasileiros e a distância dessas regiões da fronteira tecnológica. Para isso, o trabalho tem como ponto de partida o modelo desenvolvido por Aghion et al (2005), que suporta a hipótese de que investimentos em ensino superior favorecem mais o crescimento dos estados próximos da fronteira tecnológica. Entretanto, o presente estudo procura aperfeiçoar o trabalho de Veloni (2008) e Luz (2015), incorporando uma proxy para o capital físico, expandindo a base de dados e corrigindo problemas econométricos para apurar conclusões mais precisas a respeito do assunto.

Ademais, é razoável pensar que o crescimento de uma região seja explicado por outras variáveis, além da proximidade da fronteira tecnológica em conjunto com o investimento educacional em cada estado. Existe a possibilidade de outros fatores exógenos explicarem o desenvolvimento econômico de um estado. Por esses motivos, este estudo busca incorporar o

consumo industrial de energia elétrica como proxy, a fim de captar o efeito do estoque de capital físico no modelo.

Após esta breve introdução, seguirá a revisão da literatura que demonstra estudos que contribuíram para o campo de estudos da educação e do crescimento econômico. A terceira parte introduz a metodologia, que consta os respectivos modelos econométricos. O quarto capítulo é destinado à descrição da base de dados e das variáveis a serem utilizadas. Já na quinta seção são analisados os resultados obtidos e é discutido se, de fato, foi observado o que esperávamos nas hipóteses iniciais. Ainda, é feita uma comparação com o cenário atual a fim de avaliar a alocação dos recursos educacionais nos estados brasileiros. Por fim, na sexta parte, há uma conclusão dos resultados.

2. Revisão da Literatura

Ao evidenciar a desigualdade de renda por estado no Brasil, a fim de explicar a convergência de renda no país, C. Azzoni et al (2000) mostra em um de seus textos que, no período observado, de 1981 a 1996, houve uma convergência condicional de renda no Brasil. Além disso, dentre muitas variáveis relevantes no modelo, as que explicam o capital humano mostraram-se significativas nas regressões, o que é de suma importância para hipóteses do presente trabalho. No entanto, os autores não avançaram nas explicações para as possíveis variações na qualidade da educação. Na época do estudo, talvez por falta de base de dados, investimentos em educação ainda não apresentavam influência para explicar o nível de desigualdade de renda entre os estados. Por outro lado, os autores utilizaram outras variáveis que se mostraram relevantes no modelo como as variáveis geográficas ("clima" e "infraestrutura local"), o "investimento em infraestrutura pública" e a "participação na força de trabalho".

Para aperfeiçoar a abordagem acerca da qualidade da educação no modelo deste estudo e, tendo como referência os estudos que buscam modelar o capital humano, o estudo de Hanushek e Kimko (2000) é de grande utilidade. Os autores utilizam o conhecimento de alunos em ciências e matemática para medir a variável de capital humano. Através dos resultados de seis testes internacionais que abrangem 31 países, o estudo compara o desempenho dos estudantes nessas matérias para poder explicar o impacto final da variável no crescimento da renda per capita. Por fim, o estudo conclui que as diferenças de qualidade na força de trabalho estão intimamente relacionadas às condições de escolarização. Ademais, essas diferenças possuem grande impacto para o crescimento bem como a qualidade de ensino, que também influencia, de forma causal, esse desenvolvimento.

Dessa forma, Laabas e Razzak (2011) seguem o modelo de Hanushek e Kimko (2000) para medir a qualidade do capital humano partindo das habilidades cognitivas. Os autores levam em consideração a endogeneidade do modelo para trinta países em desenvolvimento no período de 1980 a 2007. Entretanto, só foram encontradas evidências para a relação entre qualidade do

capital humano e crescimento no caso dos países desenvolvidos. Partindo desses resultados, o presente trabalho busca mostrar a relação não encontrada por estes autores em um país em desenvolvimento – no caso, o Brasil.

Suportando a ideia inicial de Hanushek e Kimko (2000), os autores Aghion et al (2005) buscam, de maneira geral, estabelecer uma relação entre os níveis de educação e o crescimento dos estados norte americanos, mas acrescentam no modelo a distância da fronteira tecnológica. Em seu estudo, Aghion et al (2005), acharam fortes evidências a favor da hipótese de que investimentos em níveis superiores de educação são substancialmente mais importantes para o crescimento de um estado localizado perto da fronteira tecnológica. De maneira complementar, os autores também acharam evidências para concluir que investimentos nos setores de ensino básico favorecem o crescimento dos estados longe desta fronteira.

Se baseando no modelo de Aghion et al (2005), os autores Veloni (2008) e Luz (2015) buscaram replicar o estudo para o caso brasileiro. Ambos encontraram evidências para verificar a hipótese de que os investimentos em níveis de ensino básico possuem maior impacto no crescimento da renda per capita em estados longe da fronteira tecnológica. A seguir são mencionados alguns pontos a respeito de cada um dos trabalhos.

Por um lado, Veloni (2008) confirma a hipótese de que o investimento em educação superior nos estados próximos à fronteira tecnológica possui maior impacto no crescimento da renda per capita dessas regiões. Porém, por falta de uma base de dados sólida, o autor se restringe a 22 estados na sua amostra e utiliza o número de matrículas dos alunos como proxy para o investimento educacional. Assim, seria interessante agregar todos os estados e utilizar outra proxy para capturar as discrepâncias nos custos de cada nível educacional. É importante considerar que o autor não capta a qualidade de ensino em seu modelo, o que prejudica o estudo ao admitir que todos os estados possuem um mesmo padrão educacional.

Para corrigir as limitações apontadas acima Luz (2015) utilizou-se dos dados de gastos públicos em educação, eliminando os problemas apontados, e

acrescentou a proxy para a qualidade de ensino em seu trabalho. Porém, nos modelos testados o autor concluiu que o ensino superior não obteve significância estatística para explicar o modelo.

De maneira geral, os estudos se alinham ao concluírem a importância do investimento no capital humano para o desenvolvimento econômico. Dessa forma, os modelos desenvolvidos pelos autores são de suma importância, por contribuírem com a construção de variáveis e instrumentos para a regressão econométrica.

No presente estudo, incorpora-se uma proxy para o capital físico, assim como Amorim et al (2008) e Dos Santos et al (2012) fizeram em seus trabalhos sobre convergência de renda entre estados brasileiros. Em ambos, a proxy utilizada para representar o investimento em capital físico foi o consumo de energia elétrica industrial, que se mostrou significante e com sinal positivo no processo de convergência.

3. Metodologia

A metodologia no presente estudo busca replicar e aperfeiçoar o modelo de Luz (2015), que por sua vez foi norteado pelo estudo de Aghion et al (2005).

Segundo Aghion et al (2005), existe uma função de produção para bens finais e outra para bens intermediários. A função para os bens finais é representada a seguir:

$$y_t = [A_t\left(u_{f,t}^{\beta} s_{f,t}^{1-\beta}\right)]^{1-\alpha} x_t^{\alpha}$$

Onde, y_t representa a produção do bem final, indicado por f, no período t. A variável u representa a quantidade de trabalhadores não qualificados e s indica trabalhadores qualificados, envolvidos na produção dos bens finais, em t. Ainda, a variável A mede a produtividade total dos fatores. Além disso, x indica a quantidade de bens intermediários utilizados para produção do bem final.

A seguir, o estudo apresenta o conceito do progresso tecnológico, representado por um crescimento de A, que ocorre no setor de bens intermediários via inovação e imitação. O conceito de inovação está relacionado à expansão da fronteira tecnológica, o que depende do capital humano qualificado. Por outro lado, a imitação está associada ao uso de tecnologias já existentes em outras economias, o que exige mais capital físico e capital humano pouco qualificado. Assim, o desenvolvimento tecnológico, segundo Aghion et al (2005), é representado pela equação:

$$A_{t+1} = A_t + \lambda[u_{m,t+1}^{\alpha} s_{m,t+1}^{1-\alpha}\left(\overline{A}_t - A_t\right) + \gamma u_{n,t+1}^{\emptyset} s_{n,t+1}^{1-\emptyset} A_t]$$

Na expressão acima, a tecnologia em um período à frente A_{t+1}, é produzida pelo nível tecnológico A_t, somada ao progresso tecnológico. Tal progresso ocorre pela imitação (m) e pela inovação (n). Assim, o termo $u_{m,t+1}^{\alpha} s_{m,t+1}^{1-\alpha}\left(\overline{A}_t - A_t\right)$ representa o avanço com a imitação, onde $\overline{A}_t$ indica a fronteira tecnológica. Ademais, o termo $\gamma u_{n,t+1}^{\emptyset} s_{n,t+1}^{1-\emptyset} A_t$ refere-se ao crescimento tecnológico via inovação. Por fim, os autores indicam que quanto maior a distância da fronteira tecnológica, $\left(\overline{A}_t - A_t\right)$, maior será o peso da imitação no

progresso tecnológico e quanto mais próximo da fronteira, maior será a fração da inovação no desenvolvimento.

Em relação aos expoentes o modelo infere que $\emptyset < \alpha$, indicando que a elasticidade do trabalho não qualificado é maior no setor de imitação, mais distante da fronteira tecnológica. Analogamente, a elasticidade do trabalho qualificado é maior no setor de inovação, que tem sua economia mais perto da fronteira. Assim, Aghion et al (2005) concluem que para uma economia mais próxima à fronteira, seria mais eficiente alocar seus trabalhadores qualificados nos setores de inovação. Analogamente, no caso da economia distante da fronteira seria melhor alocar seus trabalhadores não qualificados no setor de imitação.

A partir desse estudo inicial, os autores desenvolveram um modelo em que a variável dependente era o crescimento da renda e as variáveis independentes eram o investimento educacional, a distância da fronteira tecnológica, um vetor de variáveis políticas para assegurar os instrumentos utilizados e os efeitos fixos. Ademais, o modelo apresentava interações entre as variáveis. Os resultados obtidos, assim como o esperado, foram de que o coeficiente da interação entre o investimento em ensino superior com a distância da fronteira foi positivo e a interação entre o investimento em ensino básico com a distância resultou em um coeficiente negativo.

A partir do estudo apresentado acima, o modelo de Luz (2015), indicado a seguir, será aperfeiçoado no presente trabalho. A equação busca explicar o crescimento da renda per capita dos estados brasileiros com o gasto efetivo em educação, a qualidade do ensino e a distância à fronteira tecnológica.

$$\begin{aligned} \mathrm{Gy}_{i,t} = \beta_0 &+ \beta_1 \mathrm{GFe}_{i,t}\mathrm{QF}_{i,t} + \beta_2 \mathrm{GMe}_{i,t}\mathrm{QM}_{i,t} + \beta_3 \mathrm{GSe}_{i,t}\mathrm{QS}_{i,t} + \beta_4 \mathrm{GFe}_{i,t}\mathrm{QF}_{i,t}\mathrm{DF}_{i,t} \\ &+ \beta_5 \mathrm{GMe}_{i,t}\mathrm{QM}_{i,t}\mathrm{DF}_{i,t} + \beta_5 \mathrm{GSe}_{i,t}\mathrm{QS}_{i,t}\mathrm{DF}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

Neste modelo, i representa o estado da federação e t indica o período, medido em anos. A variável explicada é o $\mathrm{Gy}_{i,t}$, taxa de crescimento da renda per capita real. Os coeficientes estão indicados por β. Além disso, o GFe, GMe e o GSe representam o gasto público por aluno efetivo no ensino fundamental, médio e superior, respectivamente. Em seguida, QF,QM e QS são,

respectivamente, os indicadores de qualidade do ensino fundamental, médio e superior. Ademais a variável DF (distância à fronteira) indica, na realidade, a proximidade de cada estado até a fronteira tecnológica estabelecida em cada ano. Finalmente, ε indica o erro da regressão.

A partir deste modelo, este estudo amplia a série de dados e testa a inserção de duas variáveis, uma proxy para o capital físico e uma nova série de distância a fronteira calculada por número de patentes. Além disso, outras interações e defasagens são testadas, a fim de aumentar o poder explicativo da regressão e apurar precisamente as conclusões.

4. Base de Dados

Para testar o modelo proposto acima será utilizada uma análise em painel, com dados anuais de 26 estados brasileiros, no período de 2005 a 2012. O Distrito Federal foi retirado da amostra por se mostrar um *outlier* no estudo. Ademais, tal análise segue o estudo de Aghion et al (2005) e a construção das variáveis é baseado no estudo de Luz (2015).

Os dados da renda per capita por estado da federação referentes à variável explicada, GY (taxa de crescimento da renda per capita real), foram retirados do IBGE, na PNAD[4], e considerou-se os indivíduos com mais de 10 anos de idade. Ademais, como o instituto responsável não divulgou a PNAD de 2010, fez-se uma interpolação dos dados para o ano em questão. Já o GFe, GMe e o GSe, que representam o gasto público por aluno efetivo, foram construídos como uma proxy para os investimentos em educação. Dessa forma, os dados de gastos com educação para o ensino fundamental, médio e superior foram obtidos a partir da divulgação da execução orçamentária dos estados feita pelo Tesouro Nacional. A fim de utilizar os valores reais e per capita da variável, os gastos foram divididos pelo número de alunos potencial a serem matriculados (criando as séries GFp, GMp e GSp) e efetivamente matriculados nos respectivos níveis de ensino, dado retirado do IBGE. Por fim, ambos os valores de renda per capita e gastos com ensino foram deflacionados pelo IPCA[5], retirado do IBGE, para utilizarmos dados reais.

Para a construção das variáveis que capturam a qualidade da educação no ensino fundamental e médio, foram considerados os resultados do IDEB[6] para as escolas públicas, retirados do INEP. No entanto, como os índices só foram divulgados para os anos ímpares, de 2005 a 2013, foi calculada para os anos pares a média de um ano anterior com o sucessor. Já para os alunos do ensino

---

[4] PNAD: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

[5] IPCA: Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

[6] IDEB: Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – "O Ideb é calculado a partir de dois componentes: taxa de rendimento escolar (aprovação) e médias de desempenho nos exames padronizados aplicados pelo Inep. Os índices de aprovação são obtidos a partir do Censo Escolar, realizado anualmente pelo Inep. As médias de desempenho utilizadas são as da Prova Brasil (para Idebs de escolas e municípios) e do Saeb (no caso dos Idebs dos estados e nacional)" – retirado do site do INEP

superior, a nota utilizada, também retirada do INEP, foi a do ENADE[7] divulgada para todo o período em questão.

A variável que captura a distância de cada estado da fronteira tecnológica foi calculada de acordo com a metodologia de Aghion et al (2005). Para isso, a posição de fronteira é concebida ao estado que tiver a maior renda per capita para pessoas com mais de 10 anos, no ano t. Assim, a distância das outras economias à fronteira será o valor da renda delas dividida pelo valor da fronteira. Dessa forma, DF indica proximidade do estado à fronteira tecnológica.

A seguir está a Tabela I, que demonstra os resultados obtidos da fronteira tecnológica para os anos em questão.

Tabela I: Fronteira Tecnológica

	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012
AC	0,553221	0,61104	0,631835	0,602007	0,721608	0,613616	0,596899
AL	0,366947	0,444159	0,461725	0,448161	0,41809	0,407604	0,417829
AM	0,544818	0,523748	0,522479	0,544036	0,534673	0,543767	0,53876
AP	0,638655	0,562259	0,596598	0,557414	0,573869	0,554377	0,621705
BA	0,435574	0,459564	0,46294	0,497213	0,491457	0,526083	0,513178
CE	0,421569	0,422336	0,433779	0,471572	0,464322	0,483643	0,483721
ES	0,746499	0,734275	0,754557	0,763657	0,749749	0,809903	0,811628
GO	0,735294	0,703466	0,771567	0,785953	0,747739	0,799293	0,811628
MA	0,330532	0,417202	0,407047	0,410256	0,427136	0,404951	0,48062
MG	0,679272	0,711168	0,715674	0,749164	0,731658	0,761273	0,775194
MS	0,691877	0,709884	0,690158	0,83835	0,742714	0,82405	0,862791
MT	0,722689	0,761232	0,865128	0,812709	0,79799	0,904509	0,893798
PA	0,47479	0,477535	0,512758	0,51728	0,480402	0,522546	0,496124
PB	0,47619	0,485237	0,509113	0,532887	0,514573	0,549956	0,528682
PE	0,457983	0,476252	0,45322	0,489409	0,467337	0,479222	0,507752
PI	0,403361	0,442875	0,476306	0,490524	0,469347	0,453581	0,51938
PR	0,851541	0,844673	0,924666	0,90078	0,858291	0,891247	0,910853
RJ	0,934174	0,974326	0,939247	0,9699	0,949749	0,923077	0,890698
RN	0,535014	0,510911	0,533414	0,557414	0,544724	0,563218	0,587597
RO	0,642857	0,657253	0,608748	0,620959	0,669347	0,694076	0,671318
RR	0,473389	0,61104	0,547995	0,648829	0,615075	0,792219	0,686047
RS	0,879552	0,884467	0,883354	0,93311	0,896482	0,921309	0,902326
SC	0,936975	0,970475	0,978129	0,988852	1	1	0,952713

[7] ENADE: Exame Nacional de Desempenho de Estudantes

SE	0,485994	0,505777	0,513973	0,528428	0,557789	0,600354	0,565891
SP	1	1	1	1	0,934673	0,991158	1
TO	0,515406	0,532734	0,577157	0,636566	0,628141	0,618037	0,63876

Como se pode observar, o Estado de São Paulo foi designado como a fronteira tecnológica para a maioria do período e analogamente o Estado do Maranhão foi, também majoritariamente, a região que mais se distanciou da fronteira.

Por fim, o presente estudo inclui a variável que servirá de proxy para o capital físico. Assim como os autores Amorim et al (2008) e Dos Santos et al (2012) apresentaram, foi utilizado o consumo de energia elétrica industrial per capita, para representar o capital físico instalado na economia. A variável denominada CIEE (Consumo Industrial de Energia Elétrica) foi retirada dos anuários estatísticos de energia elétrica, para o período em questão, divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

5. Resultados Obtidos

5.1 Modelos econométricos testados

A seguir estão os resultados das regressões utilizadas a partir do método de Mínimos Quadrados Ordinários, com base nos dados retirados do Painel explicado no item anterior. Todos os modelos foram estimados com efeitos fixos de cross-section e de período. Além disso, todos eles procuram explicar a taxa de crescimento da renda real per capita.

O Primeiro modelo testado (Modelo I) foi também apresentado por Aghion et al (2005), em que se considera apenas os gastos efetivos em cada nível educacional (GFe, GMe e GSe) e a distância da fronteira tecnológica (DF). No entanto, foi considerada a hipótese de que os gastos no ensino fundamental e no ensino médio deveriam ser defasados, pois é esperado que eles tenham um impacto tardio no crescimento da renda per capita, ou seja, quando estes alunos entrarem no mercado de trabalho.

Modelo I: Investimento Educacional e Distância da Fronteira

$$\begin{aligned} \mathrm{Gy_{i,t}} = \beta_0 &+ \beta_1 \mathrm{GFe_{i,t-3}} + \beta_2 \mathrm{GMe_{i,t-1}} + \beta_3 \mathrm{GSe_{i,t}} + \beta_4 \mathrm{GFe_{i,t-3}DF_{i,t-3}} \\ &+ \beta_5 \mathrm{GMe_{i,t-1}DF_{i,t}} + \beta_6 \mathrm{GSe_{i,t}DF_{i,t}} + \beta_7 \mathrm{DF_{i,t-1}} + \varepsilon_{\mathrm{i,t}} \end{aligned}$$

De acordo com a teoria apresentada, a soma dos coeficientes $\beta_1 + \beta_4$, $\beta_2 + \beta_5$ e $\beta_3 + \beta_6$ indicam, respectivamente, o crescimento de renda dado por investimentos educacionais nos níveis fundamental, médio e superior quando os estados se encontram literalmente na fronteira tecnológica $(\mathrm{DF} = 1)$. Por outro lado, os coeficientes β_1, β_2 e β_3 isolados refletem o efeito no crescimento de renda consequente dos investimentos educacionais quando os estados estão totalmente distantes da fronteira tecnológica, ou seja, $\mathrm{DF} = 0$.

Assim, como mostra a tabela abaixo, os resultados da regressão estão de acordo com o esperado pelo modelo. No entanto, o gasto efetivo com o ensino fundamental não se mostrou estatisticamente significante a 5%, para explicar o crescimento de renda, nem mesmo sua interação com a distância a fronteira.

Dependent Variable: GY
Method: Panel Least Squares

Sample (adjusted): 2008 2012
Periods included: 5
Cross-sections included: 26
Total panel (balanced) observations: 130

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	101.7810	10.57236	9.627086	0.0000
GFE(-3)	0.002563	0.005348	0.479349	0.6328
GME(-1)	-0.006764	0.001654	-4.088990	0.0001
GSE	-0.016638	0.005554	-2.995910	0.0035
GFE(-3)*DF(-3)	-0.008247	0.006524	-1.264120	0.2093
GME(-1)*DF	0.009946	0.002694	3.691570	0.0004
GSE*DF	0.027592	0.009753	2.829181	0.0057
DF(-1)	-142.1278	15.60941	-9.105268	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)
Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.686680	Mean dependent var	5.041350
Adjusted R-squared	0.565394	S.D. dependent var	6.935454
S.E. of regression	4.572173	Akaike info criterion	6.112150
Sum squared resid	1944.143	Schwarz criterion	6.928294
Log likelihood	-360.2897	Hannan-Quinn criter.	6.443777
F-statistic	5.661687	Durbin-Watson stat	2.270998
Prob(F-statistic)	0.000000		

A análise do resultado acima nos permite concluir que, apesar de o gasto efetivo em ensino fundamental perder a significância a um grau de 5%, os sinais de todos os coeficientes estão de acordo com o esperado. Isto é, o parâmetro β_1 é positivo o que indicaria que no Brasil investir em ensino fundamental tem um impacto positivo no crescimento da renda per capita. Ainda, o parâmetro β_4, que mostra a interação com a fronteira, é negativo e comprovaria a teoria dos autores de que quanto mais próximo da fronteira tecnológica menor será o efeito do investimento nesse nível de ensino sobre a taxa de crescimento da renda.

No entanto, os parâmetros β_2 e β_3 são negativos, o que a priori indicaria que investir em ensino médio e superior não contribui para o crescimento da renda. Porém, cabe aqui fazer uma breve explicação do conceito de *threshold*

desenvolvido por Luz (2015). De maneira geral, existe um determinado *threshold* para cada nível educacional em que o investimento deixa de ser vantajoso, do ponto de vista da taxa de crescimento da renda per capita. Assim, é calculado um nível de zero a um, a partir da distância a fronteira do estado, que indica o ponto ótimo em que o mesmo deve ou não investir em um determinado nível escolar.

Este conceito nos permite seguir a análise dos parâmetros β_5 e β_6, que são positivos e estatisticamente significantes. Os resultados seguem o obtido pelos autores, demonstrando, assim, que para o ensino médio e para o superior quanto mais próximo o estado estiver da fronteira tecnológica maior deve ser o investimento nesses níveis de ensino para se obter um maior retorno no crescimento de renda. Ainda, o coeficiente relacionado ao ensino superior se mostrou maior que o do ensino médio, o que também está de acordo com a teoria.

Por fim, o parâmetro β_7 relacionado à variável DF se mostrou significante para o modelo e com um coeficiente negativo. Esse resultado está alinhado com a teoria de convergência dos estados em steady-state, pois mostra que regiões mais distantes da fronteira tecnológica tendem a ter um maior crescimento da renda per capita quando comparados aos outros estados. Além disso, a variável será apresentada em todos os modelos testados a seguir e sempre defasada em um ano, indicando a distância à fronteira no ano anterior.

Em seu trabalho, Luz (2015) apresenta um modelo semelhante, com mudanças na defasagem dos gastos, como mostrado a seguir:

$$\mathrm{Gy_{i,t}} = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{GFe_{i,t-4}} + \beta_2 \mathrm{GMe_{i,t}} + \beta_3 \mathrm{GSe_{i,t}} + \beta_4 \mathrm{GFe_{i,t-4}DF_{i,t-4}}$$

$$+\beta_5 \mathrm{GMe_{i,t}DF_{i,t}} + \beta_6 \mathrm{GSe_{i,t}DF_{i,t}} + \beta_7 \mathrm{DF_{i,t-1}} + \varepsilon_{\mathrm{i,t}}$$

Dependent Variable: GY
Method: Panel Least Squares

Sample (adjusted): 2009 2012
Periods included: 4
Cross-sections included: 26
Total panel (balanced) observations: 104

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	108.2715	16.59747	6.523374	0.0000
GFE(-4)	0.002952	0.007296	0.404584	0.6871
GME	-0.004894	0.001811	-2.702310	0.0087
GSE	-0.016637	0.008734	-1.904916	0.0610
GFE(-4)*DF(-4)	-0.010313	0.008937	-1.153991	0.2525
GME*DF	0.007822	0.002910	2.687699	0.0090
GSE*DF	0.028426	0.015210	1.868864	0.0659
DF(-1)	-153.5140	24.36106	-6.301615	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)
Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.629183	Mean dependent var	4.661474
Adjusted R-squared	0.438321	S.D. dependent var	6.986032
S.E. of regression	5.235697	Akaike info criterion	6.416302
Sum squared resid	1864.052	Schwarz criterion	7.331668
Log likelihood	-297.6477	Hannan-Quinn criter.	6.787143
F-statistic	3.296539	Durbin-Watson stat	2.052491
Prob(F-statistic)	0.000013		

Quando comparado ao anterior, este modelo apresenta as mesmas interpretações para os parâmetros e as variáveis relacionadas ao ensino fundamental permanecem insignificantes a um grau de 10%. Este fato atribui robustez ao resultado, pois indica que a hipótese de Aghion et al (2005) se mantem com diferentes defasagens.

Porém, é interessante mencionar como a inclusão do ano de 2012 na série de dados afetou os resultados. Neste mesmo modelo originalmente apresentado por Luz (2015), que abrange até 2011, os gastos em ensino superior não se mostraram significantes diferentemente do investimento no nível fundamental que teve um p-valor inferior a 10%. Ao acrescentar um ano à série, como observado acima, os gastos em ensino fundamental perdem a significância e o a variável correspondente ao ensino superior mostra-se significante.

Uma análise aprofundada nos dados de 2012, nos permite fazer algumas inferências acerca do comportamento das variáveis deste ano. Para os estados, historicamente mais distantes da fronteira tecnológica, como Maranhão, Pernambuco, Bahia e Ceará no ano de 2012 houve um admirável crescimento da renda per capita e ao mesmo tempo uma queda severa, que muitas vezes se aproximou de zero, nos gastos por aluno efetivo do ensino fundamental. Contudo, a partir das defasagens apresentadas, seria correto afirmar que a queda dos investimentos no nível fundamental só impactaria o crescimento de renda após alguns anos. A análise dos anos anteriores indica que, em média, este investimento se manteve constante para os estados até 2011 o que não explicaria a evolução da renda em 2012. Estes fatos podem explicar a diferença nos resultados obtidos ao incluir o novo ano na base de dados.

Modelo II: Qualidade de Ensino e Distância da Fronteira

$$\mathrm{Gy_{i,t}} = \beta_0 + \beta_1 \mathrm{QF_{i,t-1}} + \beta_2 \mathrm{QM_{i,t}} + \beta_3 \mathrm{QS_{i,t}} + \beta_4 \mathrm{QF_{i,t-1}DF_{i,t-1}} + \beta_5 \mathrm{QM_{i,t}DF_{i,t}} + \beta_6 \mathrm{QS_{i,t}DF_{i,t}} + \beta_7 \mathrm{DF_{i,t-1}} + \varepsilon_{\mathrm{i,t}}$$

Este segundo modelo, utilizado por Laabas e Razzak (2011), utiliza-se apenas das variáveis que buscam explicar a qualidade do ensino e suas respectivas interações com a distância a fronteira. Paralelo à ideia de defasagem dos gastos, neste modelo apenas a qualidade do ensino fundamental foi defasada por acreditar que a mesma só conseguiria impactar o crescimento da renda do ano seguinte.

Dependent Variable: GY
Method: Panel Least Squares

Sample (adjusted): 2006 2012
Periods included: 7
Cross-sections included: 26
Total panel (balanced) observations: 182

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	131.9369	15.81421	8.342935	0.0000
QF(-1)	-1.987682	4.810213	-0.413221	0.6801
QM	-22.37015	3.868665	-5.782395	0.0000
QS	-12.27053	3.167961	-3.873319	0.0002
QF(-1)*DF(-1)	0.842997	6.395688	0.131807	0.8953
QM*DF	29.99883	4.996232	6.004291	0.0000
QS*DF	18.94317	4.984308	3.800561	0.0002
DF(-1)	-177.6452	22.84281	-7.776852	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)
Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.867919	Mean dependent var	5.561992
Adjusted R-squared	0.832821	S.D. dependent var	7.465212
S.E. of regression	3.052340	Akaike info criterion	5.257103
Sum squared resid	1332.299	Schwarz criterion	5.943676
Log likelihood	-439.3964	Hannan-Quinn criter.	5.535430
F-statistic	24.72823	Durbin-Watson stat	1.720687
Prob(F-statistic)	0.000000		

Primeiramente, é interessante observar que o R^2 ajustado praticamente dobrou em relação ao modelo anterior, o que demonstra o alto poder explicativo do modelo. Porém, não se pode deixar de mencionar que o número de observações também aumentou devido às menores defasagens. Ainda, ao observar os resultados da tabela acima, pode-se notar que novamente as variáveis relacionadas ao ensino fundamental não possuem significância a um grau de 5%. Em suma, como indicado pelo sinal dos parâmetros β_5 e β_6, a qualidade do ensino médio e superior possui um efeito positivo sobre o crescimento da renda quando o estado se encontra próximo da fronteira tecnológica. A interpretação do parâmetro β_7 é igual à do modelo anterior, tendo esse novamente se mostrado negativo e significante.

Modelo III: Investimento Educacional, Qualidade de Ensino e Distância da Fronteira

O modelo a seguir é semelhante ao inicialmente proposto por Aghion et al (2005), pois busca, através da interação entre qualidade e gasto em ensino, explicar o crescimento de renda per capita nos estados.

$$\begin{aligned} Gy_{i,t} = \beta_0 &+ \beta_1 GFe_{i,t-3} QF_{i,t-1} + \beta_2 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} + \beta_3 GSe_{i,t} QS_{i,t} \\ &+ \beta_4 GFe_{i,t-3} QF_{i,t-1} DF_{i,t-3} + \beta_5 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} DF_{i,t} + \beta_6 GSe_{i,t} QS_{i,t} DF_{i,t} \\ &+ \beta_7 DF_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

Dependent Variable: GY
Method: Panel Least Squares

Sample (adjusted): 2008 2012
Periods included: 5
Cross-sections included: 26
Total panel (balanced) observations: 130

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	102.4107	10.59776	9.663430	0.0000
GFE(-3)*QF(-1)	0.000806	0.001440	0.559758	0.5770
GME(-1)*QM	-0.001913	0.000498	-3.838947	0.0002
GSE*QS	-0.005321	0.001785	-2.981078	0.0037
GFE(-3)*QF(-1)*DF(-3)	-0.002330	0.001742	-1.337467	0.1843
GME(-1)*QM*DF	0.002787	0.000813	3.428508	0.0009
GSE*QS*DF	0.008689	0.003127	2.778778	0.0066
DF(-1)	-142.8442	15.68890	-9.104799	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)
Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.681610	Mean dependent var	5.041350
Adjusted R-squared	0.558362	S.D. dependent var	6.935454
S.E. of regression	4.609014	Akaike info criterion	6.128201
Sum squared resid	1975.600	Schwarz criterion	6.944345
Log likelihood	-361.3330	Hannan-Quinn criter.	6.459827
F-statistic	5.530405	Durbin-Watson stat	2.277180
Prob(F-statistic)	0.000000		

Novamente, como pode-se observar na tabela acima, as variáveis relacionadas ao ensino fundamental e suas respectivas interações mostraram-se insignificantes a um grau de 5%. Além disso, os demais parâmetros apresentaram sinais esperados. Por um lado β_2 e β_3 corroboram com a teoria

do *threshold* mostrando que a partir de um determinado ponto deixa de ser vantajoso investir nos dois níveis de ensino em questão. Por outro lado, o sinal dos parâmetros β_5 e β_6 está de acordo com os modelos anteriores, pois indica que para estados próximos à fronteira o gasto e a qualidade do ensino, superior e médio, possuem efeito positivo no crescimento da renda per capita. Ainda, os coeficientes indicam que o efeito da interação das variáveis relacionadas ao ensino superior é maior que o efeito da interação para o ensino médio quando o estado está próximo à fronteira.

Modelo IV: Investimento Educacional, Distância da Fronteira, Qualidade de Ensino e Capital Físico

O último modelo, apresentado a seguir, incorpora a variável proxy para o capital físico, o Consumo Industrial de Energia Elétrica (CIEE).

$$\begin{aligned} Gy_{i,t} = \beta_0 &+ \beta_1 GFe_{i,t-3} QF_{i,t-1} + \beta_2 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} + \beta_3 GSe_{i,t} QS_{i,t} \\ &+ \beta_4 GFe_{i,t-3} QF_{i,t-1} DF_{i,t-3} + \beta_5 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} DF_{i,t} + \beta_6 GSe_{i,t} QS_{i,t} DF_{i,t} \\ &+ \beta_7 CIEE_{i,t-1} DF_{i,t} + \beta_8 DF_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

Dependent Variable: GY
Method: Panel Least Squares

Sample (adjusted): 2008 2012
Periods included: 5
Cross-sections included: 26
Total panel (balanced) observations: 130

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	95.65032	11.08273	8.630577	0.0000
GFE(-3)*QF(-1)	0.000454	0.001435	0.316494	0.7523
GME(-1)*QM	-0.001715	0.000504	-3.406072	0.0010
GSE*QS	-0.004992	0.001771	-2.818325	0.0059
GFE(-3)*QF(-1)*DF(-3)	-0.001885	0.001737	-1.085514	0.2805
GME(-1)*QM*DF	0.002448	0.000823	2.974332	0.0037
GSE*QS*DF	0.008045	0.003106	2.589626	0.0112
CIEE(-1)*DF	22.98727	12.42986	1.849359	0.0676
DF(-1)	-146.8705	15.64092	-9.390145	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)
Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.693022	Mean dependent var	5.041350
Adjusted R-squared	0.569563	S.D. dependent var	6.935454
S.E. of regression	4.550190	Akaike info criterion	6.107084
Sum squared resid	1904.789	Schwarz criterion	6.945287
Log likelihood	-358.9605	Hannan-Quinn criter.	6.447674
F-statistic	5.613398	Durbin-Watson stat	2.239463
Prob(F-statistic)	0.000000		

Como apresentado na tabela acima, os resultados obtidos seguem as teorias citadas anteriormente. A nova variável incluída no modelo mostrou-se relevante a um grau de 10% de significância e apresentou um parâmetro com o sinal positivo esperado. De acordo com os estudos de convergência de renda, o sinal positivo apresentado indica que um aumento no consumo industrial de energia elétrica possui um efeito positivo no crescimento da renda per capita. Quando comparado ao modelo anterior, o R^2 ajustado teve um pequeno aumento indicando a melhora no poder explicativo. Por fim, a análise dos demais parâmetros e coeficientes é a mesma anteriormente apresentada.

5.2 A alocação ótima dos gastos e o que é observado na prática

Após a apuração dos resultados observados é possível fazer uma comparação com a política de investimentos educacionais ótima e o que, de fato, é concretizado nos estados. Para tanto, calculou-se o *threshold* (representado por X*) para o nível de ensino superior, significante no modelo III.

Para este cálculo, basta igualar a primeira derivada da equação principal a zero como mostrado a seguir.

Threshold para o ensino superior Xs^*:

$$\frac{\partial \mathrm{Gy}_{\mathrm{i,t}}}{\partial \mathrm{GSe}_{\mathrm{i,t}} \mathrm{QS}_{\mathrm{i,t}}} = \beta_3 + \beta_6 \mathrm{DF}_{\mathrm{i,t}} = 0$$

$$(-0{,}005321) + (0{,}008689)\mathrm{Xs}^* = 0 \rightarrow \mathrm{Xs}^* = 0{,}6124$$

A partir do resultado mostrado acima, podemos afirmar que para os estados localizados antes de Xs^*(ou seja, quando $DF_{i,t}<Xs^*$) o investimento em ensino superior possui menor impacto no crescimento da renda. Da mesma forma, estas regiões deveriam concentrar maior parcela dos seus gastos no ensino médio.

No entanto, ao observar o histórico de alguns estados que se distanciaram do *threshold* calculado para o ensino superior (comparar com a Tabela I), a política de investimentos mostrou-se contraditória com o esperado. Os estados do Maranhão e do Pará são dois exemplos de políticas que contradizem os modelos e teorias apresentados. Ao longo dos anos, ambos destinaram maior parcela de seus investimentos em ensino superior (ver Anexos I e II abaixo) mesmo estando além do *threshold*. Esta estratégia pode ter prejudicado os estados, pois de acordo com os resultados um investimento ótimo teria beneficiado mais o crescimento da renda per capita.

Anexo I: Gasto efetivo por nível educacional no Maranhão

		GFe	GMe	GSe
MA	2005	131,87	1,63	541,74
MA	2006	86,94	39,36	811,18
MA	2007	56,53	26,42	606,41
MA	2008	5,98	83,10	1234,03
MA	2009	7,61	8,25	1301,15
MA	2010	10,67	23,56	606,01
MA	2011	12,65	4,23	991,86
MA	2012	0,00	29,93	1112,96

Anexo II: Gasto efetivo por nível educacional no Pará

		GFe	GMe	GSe
PA	2005	285,93	37,74	1013,83
PA	2006	319,52	34,80	1160,76
PA	2007	360,26	17,21	1187,41
PA	2008	436,46	17,07	1502,19
PA	2009	469,98	32,02	1584,57
PA	2010	465,34	62,81	1381,94
PA	2011	543,95	11,29	1399,91
PA	2012	590,43	8,42	1318,65

6. Conclusões

Era de se esperar uma conclusão alinhada com o estudo de Aghion et al (2005), de que os investimentos alocados no ensino superior possuem maior efeito no crescimento da renda dos estados mais próximos a fronteira tecnológica. Assim como, para os estados mais distantes da fronteira, a alocação ótima destes recursos seria nos níveis básicos de ensino.

O resultado observado nos permitiu confirmar a teoria e responder à pergunta inicial, apenas, para as variáveis de ensino médio e superior. Foi comprovado que o investimento nesses setores ocasiona em um maior retorno no crescimento da renda dos estados mais próximos à fronteira tecnológica. Por outro lado, o ensino fundamental não se mostrou significante nos modelos testados. Já a variável proxy para o capital físico mostrou-se significante com parâmetro positivo, assim, alinhada aos estudos de convergência de renda.

A inclusão do ano de 2012 na base de dados pode ter prejudicado os resultados finais. Como mencionado anteriormente, neste ano o gasto destinado aos alunos efetivamente matriculados no ensino fundamental diminuiu substancialmente na maioria dos estados quando comparado aos anos anteriores. Em paralelo, muitos estados observaram um crescimento da renda per capita em 2012 abundante. Talvez, ao incluir o ano de 2013 e 2014 em um futuro estudo pode ser que o ano de 2012 deixe de ser um *outlier*.

Ainda, algumas inferências econométricas deverão ser aprofundadas a fim de resolver as limitações do estudo. Dentre os problemas a serem tratados estão, a possível endogeneidade entre educação e crescimento econômico e uma conclusão mais precisa acerca dos investimentos no ensino fundamental para que este se mostre significante no modelo. Para tratar a endogeneidade citada, seria interessante incluir um vetor de instrumentos políticos para explicar os gastos aleatórios em algumas regiões.

Por fim, a comparação com o cenário atual, a fim de examinar se os estados estão investindo de maneira ótima no setor educacional, mostrou resultados esperados e conseguiu apontar casos que não estão de acordo com a teoria apresentada.

Referências Bibliográficas

AGHION, Philippe. et al. **Exploiting States' Mistakes to Identify the Causal Impact of Higher Education on Growth.** Harvard University, 2005. Disponível em:

<http://scholar.harvard.edu/aghion/publications/exploiting-states%E2%80%99-mistakes-identify-causal-impact-higher-education-growth> Acesso em 25 de fev. 2015

AMORIM, Airton Lopes et al. Crescimento Econômico e Convergência de Renda nos Estados Brasileiros: Uma Análise a partir dos Grandes Setores da Economia. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 39, nº 3, jul-set. 2008

AZZONI, C. et al. Geografia e convergência da renda entre os estados brasileiros. **Desigualdade e pobreza no Brasil**, 299-343, 2000

DOS SANTOS, Ricardo Bruno Nascimento et al. Crescimento Econômico e Clubes de Convergência nos Municípios Mineiros: Uma Análise com Modelo Threshold. **EconomiA**, Vol.13, No.2, 365–383, mai/ago. 2012

HANUSHEK, E; KIMKO, D. Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations **The American Economic Review**, Vol. 90, No.5, 1184-1208. 2000

LAABAS, B.; RAZZAK, W. A. **Economic Growth and the Quality of Human Capital**. Arab Planning Institute, fev. 2011. Disponível em:

<http://mpra.ub.unimuenchen.de/28727/1/Economic_Growth_and_The_Quality_of_Human_Capital_paper.pdf> Acesso em 10 de mar. 2015

LUCAS, R. On the Mechanics of Economic Development. **Journal of Monetary Economics**, No.22, 3-42. 1988

LUZ, Victor Eduardo Braga **Qualidade de Educação e Crescimento Econômico**. Programa de Mestrado Profissional em Economia – Insper 2015

MANKIW, G.; ROMER, D.; WEIL, D. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. **Quarterly Journal of Economics**, No.107, 407-438. 1992

VELONI, Renato Preyer. **Alocação Ótima de Recursos Entre Ensinos Fundamental, Médio e Superior no Brasil**. Programa de Mestrado Profissional em Economia – Ibmec 2008. Disponível em:

<http://tede.insper.edu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=102> Acesso em 10 de mar. 2015