Insper Instituto de Ensino e Pesquisa
Programa de Mestrado Profissional em Economia

Victor Eduardo Braga Luz

QUALIDADE DE EDUCAÇÃO E CRESCIMENTO ECONÔMICO

São Paulo
2015

Victor Eduardo Braga Luz

Qualidade da Educação e Crescimento Econômico. Uma Abordagem entre Estados Brasileiros.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Macroeconomia Aplicada
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Correia de Souza – Insper

São Paulo
2015

Luz, Victor Eduardo Braga
Qualidade de Educação e Crescimento Econômico. Uma abordagem entre Estados Brasileiros / Victor Eduardo Braga Luz; orientador: Eduardo Correia de Souza – São Paulo: Insper, 2015.
40 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional em Economia. Área de concentração: Macroeconomia Aplicada) – Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

1. Crescimento Econômico 2. Qualidade de Educação

FOLHA DE APROVAÇÃO

Victor Eduardo Braga Luz
Qualidade da Educação e Crescimento Econômico. Uma Abordagem entre Estados Brasileiros.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Macroeconomia Aplicada

Aprovado em: 30/01/2015

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eduardo Correia de Souza
Orientador

Instituição: Insper Assinatura: _____

Prof. Dr. João Manoel Pinho de Melo

Instituição: Insper Assinatura: _____

Prof. Dr. André Portela Fernandes de Souza

Instituição: FGV - EESP Assinatura: _____

À Fabíola Varoli

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Eduardo Correia de Souza, pelo apoio, pela coordenação, pelo conhecimento transmitido e pelas orientações assertivas e necessárias para elaboração da presente dissertação. Agradeço aos demais professores do corpo docente do Insper.

Agradeço aos meus pais, Candida e Hernani, que dedicaram a vida em prol de uma educação de qualidade para os filhos. Sem eles, tudo seria bem mais difícil. Agradeço às minhas irmãs, Leila e Iara, pelas compreensões.

Agradeço aos meus sogros, pela motivação constante. Aos amigos, que entenderam minhas ausências. Agradeço aos meus colegas de turma.

Por fim, agradeço à Fabíola por toda paciência que teve diante dos mais diversos contextos que vivenciamos juntos nos últimos dois anos.

RESUMO

LUZ, Victor Eduardo Braga. **Qualidade da Educação e Crescimento Econômico. Uma abordagem nos estados brasileiros,** 2015. 40 f. Dissertação de Mestrado – Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, São Paulo, 2015.

O estudo da educação se torna cada vez mais importante, principalmente com a introdução do capital humano nos modelos de crescimento econômico. O presente trabalho testa, para o caso brasileiro, a predição de Aghion *et al* (2005), de que quanto menor for a distância de um estado em relação à fronteira, maior deve ser a alocação dos investimentos educacionais nos níveis superiores. São incluídos no modelo dados relativos à qualidade de ensino para três níveis educacionais. Os resultados obtidos através do cálculo dos parâmetros pelo método de mínimos quadrados ordinários foram na mesma direção dos resultados obtidos por Aghion *et al* (2005), mesmo com a inclusão da qualidade da educação no modelo.

Palavras-chave: qualidade da educação, distância da Fronteira, crescimento econômico.

Código JEL: I21, O15

ABSTRACT

LUZ, Victor Eduardo Braga. **Qualidade da Educação e Crescimento Econômico. Uma abordagem nos estados brasileiros,** 2015. 40 f.. Dissertation (Mastership) – Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, São Paulo, 2015.

The study of education becomes increasingly important, especially with the introduction of human capital in economic growth models. This work aims to test, for the Brazilian case, the prediction of Aghion et al (2005), that the smaller the distance of a state in relation to the border, the greater should be the allocation of educational investment at higher levels. The model also consider data on quality education for three educational levels. The results obtained by calculating the parameters by the ordinary least squares method were in the same direction of the results obtained by Aghion et al (2005), even with the inclusion of the quality of education in the model.

Keywords: education quality, distance to the frontier, economic growth

JEL Code: I21, O15

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Defasagens das variáveis explicativas..... 20

Tabela II – Distância da fronteira tecnológica, qualidade da educação.....23

Tabela III – Resultados da regressão apresentada no Modelo I.....26

Tabela IV – Resultados da regressão apresentada no Modelo.....30

Tabela V – Efeito provocado por incentivos em cada nível de ensino.....31

Tabela VI – Resultados da regressão apresentada no Modelo III 33

Tabela VII – Resultados da regressão apresentada no Modelo IV.....34

Tabela VIII – Resultados da regressão apresentada no Modelo V.....35

LISTA DE FIGURAS

Figura I – Taxa média de crescimento real e distância média da Fronteira 25

Figura II.A – *Threshold* da distância da fronteira para ensino fundamental 28

Figura II.B – *Threshold* da distância da fronteira para ensino médio 29

Figura III – Valores Observados, Previsto e Resíduos do Modelo I 30

Figura IV – Valores Observados, Previsto e Resíduos do Modelo II 32

SUMÁRIO EXECUTIVO

Nos modelos econômicos existentes, normalmente o crescimento econômico de um país é medido pela variação do Produto Interno Bruto (PIB) per capita real, ou seja, descontado o efeito da inflação. Dentre as variáveis que explicam os movimentos de crescimento, estabilidade ou recessão de uma economia estão, principalmente: (i) o capital físico, que retrata o quanto de dinheiro há disponível na economia; (ii) a força de trabalho, que quantifica a mão de obra disponível; (iii) a tecnologia, que mede a forma como as variáveis capital físico e força de trabalho se interagem; e (iv) capital humano, que representa o conjunto de habilidades acumuladas pelo trabalhador que favorecem a realização do seu trabalho.

O presente trabalho foca na variável relativa ao capital humano, mais precisamente na educação dos Estados brasileiros para três níveis de ensino: fundamental, médio e superior. Há alguns trabalhos sobre o assunto e um dos mais relevantes foi publicado em 2005 por Aghion *et all*. Foi um trabalho realizado nos Estados Unidos, no qual os autores concluem que quanto mais próximo uma economia estiver da fronteira tecnológica, maior devem ser os estímulos aos níveis educacionais mais altos, para que as pessoas altamente qualificadas possam desafiar a fronteira tecnológica existente e proporcionar o crescimento econômico. Por outro lado, se uma economia estiver longe da fronteira tecnológica, investir em níveis educacionais mais baixos, maximizaria o crescimento econômico.

Nesse contexto, a presente pesquisa busca analisar se a conclusão obtida no trabalho de Aghion *et all* é válida quando analisamos os estados brasileiros, cada um como uma economia. Os trabalhos publicados sobre o assunto utilizaram como medida da educação o número de alunos matriculados ou o gasto com educação, considerando até dois níveis educacionais. Aqui, além de se considerar três níveis educacionais, considera como proxy a qualidade da educação. Em tese, mesmo que haja investimentos na educação ou acesso à educação, se a qualidade do ensino não for representativa, o impacto no crescimento econômico seria baixo.

Os resultados encontrados para o estudo considerando a qualidade do ensino nos estados brasileiros estão em linha com os resultados obtidos por Aghion *et all*. Além disso, quando se utiliza a qualidade de ensino como medida de capital humano nos estados brasileiros, o poder de explicação do modelo cresce razoavelmente.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO 10

2- REVISÃO DA LITERATURA 11

3- METODOLOGIA 15

4- BASE DE DADOS 21

5- RESULTADOS 26

6- CONCLUSÃO 37

1- INTRODUÇÃO

No presente estudo será testada a hipótese de que a alocação ótima dos investimentos em educação nos estados brasileiros depende da proximidade que cada estado está da fronteira tecnológica. Pretende-se incorporar aos modelos existentes indicadores que meçam a qualidade de ensino em três níveis educacionais: fundamental, médio e superior. A literatura sobre o assunto traz a ideia de que quanto mais próximo estiver um estado da fronteira tecnológica, maior deve ser o investimento em ensino em níveis superiores, ao passo que quanto maior a distância do estado até a fronteira, maior deve ser o incentivo nos níveis educacionais mais básicos. Dessa forma, seria possível maximizar o crescimento econômico. O objetivo do presente estudo não é analisar se o Estado está alocando o que deveria em educação quando comparado aos demais gastos do governo, mas sim verificar se, dada uma dotação orçamentária para educação, a alocação entre os três níveis de ensino está sendo feita de maneira eficiente.

Os estudos aqui realizados são relevantes do ponto de vista econômico. O crescimento que algumas economias observaram no longo prazo, depois de investirem constantemente em educação de qualidade, deixa claro que a preocupação com educação não é em vão, no que se refere ao desenvolvimento econômico. Conforme a Pen Word Table de 2010, a média para uma seleção de 95 países é de 5,37 anos de estudo, enquanto que o Brasil apresenta 3,91 anos, atrás de países como Sri Lanka, Trinidad Tobago, Chipre, Fiji, Panamá, Argentina, México, Jamaica, Peru, Costa Rica, entre outros.

O modelo inicial de Solow e sua primeira expansão não contemplavam uma variável que representava o capital humano. Lucas (1988) incluiu tal variável no modelo e ganha força a teoria de que o capital humano tem poder explicativo do crescimento econômico. Posteriormente, Mankiw, Romer e Weil (1992) incluem na versão aumentada do modelo de Solow uma variável como *proxy* do capital humano e o poder explicativo da regressão sobe de 50% para 80%.

Pereira (2014) replicou os testes de Aghion *et al* (2005) para a realidade brasileira, regredindo gasto com ensino básico, gasto com ensino superior e suas respectivas interações com a fronteira tecnológica contra a taxa de crescimento da renda real per capita dos estados brasileiros. Os resultados obtidos se assimilam aos resultados obtidos por Ahgion *et al* (2005), ou seja, foi confirmada a ideia de que estados mais próximos da fronteira tecnológica devem concentrar incentivos no ensino superior, ao passo que estados mais distantes da fronteira

tecnológica devem estimular mais o ensino básico, para maximização do crescimento econômico.

No entanto, o estudo Pereira (2014) não leva em conta a qualidade da educação. O presente estudo, além de dividir os níveis educacionais em ensino fundamental, básico e superior (diferente de Pereira 2014, que considerou apenas 2 níveis), incluirá uma *proxy* para qualidade da educação em cada nível. Busca-se com isso verificar se os resultados permanecem robustos com a expansão do modelo proposta, bem como testar se o poder explicativo do modelo se mantém ou melhora. A inclusão dos indicadores de qualidade da educação tomará como base a metodologia utilizada por Laabas e Kazzak (2001), ou seja, será criada uma variável que resulta da multiplicação do gasto público por nível de ensino pelo respectivo indicador de qualidade.

Os resultados obtidos estão em linha com os estudos sobre o assunto até então. Os parâmetros associados ao ensino superior perdem significância estatística, ao passo que àqueles relativos a ensino fundamental e médio possuem significância estatística e sinais esperados.

O trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro, trata-se da presente introdução. O segundo capítulo traz um resumo da literatura relativa a crescimento econômico, capital humano e qualidade da educação. O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada nas regressões estimadas. No quarto capítulo, explica-se a base de dados utilizada, além de serem apresentadas algumas estatísticas descritivas. O quinto capítulo analisa os resultados obtidos e o último traz a conclusão dos estudos.

2- REVISÃO DA LITERATURA

Solow (1956) prestou uma grande contribuição ao estudo de modelos de crescimento econômico. O modelo desenvolvido inicialmente, também chamado de modelo simples de Solow, foi representado pela seguinte função de produção:

$$Y_t = F(K_t, L_t)$$

Onde Y representa o produto (ou renda), o qual é obtido pela interação do capital acumulado, K, e da força de trabalho, L. O modelo considera que a poupança se equivale ao investimento e ambos são exógenos. Como isso, tomando como exógenos também a taxa de

poupança, *s*, e o crescimento populacional, *n*, a convergência para o *steady state* é determinada pela variação de *s* e *n*. O estudo traz consigo a ideia de que existe uma força pró-convergência, de tal maneira que os países com taxa de poupança mais baixa tendem a apresentarem um produto per capita inicial mais baixo e, portanto, um crescimento do produto per capita mais alto. De maneira análoga, países com crescimento populacional mais alto, tenderiam a apresentar um produto per capita inicial mais baixo e, portanto, uma taxa de crescimento desse produto per capita mais elevada, quando comparada com países com crescimento populacional mais baixo. Ou seja, uma economia em desenvolvimento tende a crescer mais rápido do que uma economia desenvolvida.

Dada uma função do tipo Cobb-Douglas, o modelo simples de Solow implica que, no *steady state*, a taxa de crescimento do produto per capita seria nula. No entanto, é notável que as economias apresentam um crescimento constante e não nulo, sobretudo aquelas que estão próximas do *steady state*. Diante disso, é incorporada ao modelo de Solow uma variável que represente o progresso tecnológico, sendo que a função de produção passa a ser representada por:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t)$$

Onde *A* representa a qualidade com que os insumos capital e trabalho são relacionados para resultarem em Y. Ao incorporar a tecnologia, o modelo de Solow aumentado consegue chegar a um resultado que fez mais sentido, pois se passou a observar um crescimento positivo e sustentável na renda per capita em *steady state*. No modelo simples de Solow, o crescimento não se sustentava uma vez que eram observados retornos decrescentes do capital. Isso foi compensado com a inclusão do fator de tecnologia no modelo.

Lucas (1988) toma como base o modelo de Solow aumentado faz um estudo comparando três modelos de crescimento econômico: o primeiro considera acúmulo de capital físico e tecnologia; o segundo enfatiza o acúmulo de capital humano através da escolaridade; o terceiro estuda o acumulo do capital humano através do aprendizado pela prática. Fica evidente a preocupação e a relevância de se considerar capital humano na regressão que explica a renda per capita.

Mankiw, Romer, Weil (1992) argumentam que para um passo inicial do estudo dos modelos de crescimento, o modelo de Solow com progresso tecnológico é convincente e as variáveis relativas a poupança e crescimento populacional são suficientes para explicar mais de 50% dos resultados obtidos. Porém, os autores colocam que, apesar do modelo de Solow

prever corretamente a direção do efeito de tais variáveis no crescimento da renda per capita, ele não mede corretamente a intensidade de tal efeito. Como solução, os autores incorporam no estudo uma variável que representa o capital humano, de maneira que a função de produção passa a ser representada pela equação:

$$Y_t = F(K_t, L_t, A_t, H_t) = K_t^{\alpha} H_t^{\beta} (A_t L_t)^{1-\alpha-\beta}$$

Onde *H*, representa o estoque de capital humano. A equação acima tomou como base uma função do tipo Cobb-Douglas, sendo que para os exponenciais alfa e beta, sem perda de generalidade, vale a inequação $\alpha + \beta > 1$, ou seja, observa-se retornos decrescentes do capital tanto humano quanto físico. Mankiw, Romer, Weill (1992) concluem que o modelo de Solow aumentado acrescido com uma variável que representa capital humano, é suficiente para explicar 80% da variabilidade das taxas de crescimento do conjunto de países analisados, aumentando notadamente o poder explicativo do modelo que, sem a inclusão do capital humano, era de 50%.

Barro e Lee (1993) realizam um estudo no qual os anos de escolaridade foram utilizados com *proxy* para medir o capital humano. Assim, os autores concluem que escolaridade tem uma influência positiva e significante na taxa de crescimento da renda per capita. Anos de escolaridade é uma medida puramente quantitativa e a qualidade do ensino não é levada em conta no estudo. Selowsky (1969) também leva em conta os anos de escolaridade para analisar a contribuição da educação para o crescimento econômico no contexto da economia chilena, mexicana e indiana, comparando-as com a economia norte-americana. No trabalho, o capital humano é capaz de explicar o desenvolvimento econômico. Além disso, a escolaridade é importante para melhorar a qualidade do capital humano, bem como para manter os níveis já alcançados de produtividade dos trabalhadores.

Bils e Klenow (2000) questionam Barro e Lee, apontando para a endogeneidade do modelo utilizado. Colocam em discussão o poder explicativo de educação sobre o crescimento, levantando a hipótese de que o crescimento econômico pode aumentar o número de matrículas. Concluem afirmando que com os resultados obtidos não se pode dizer que um aumento na taxa de matrícula explica um crescimento econômico. Afirmam que parte da relação entre crescimento e escolaridade pode advir de variáveis omitidas no modelo.

Nakabashi e Salvato (2007) também ressaltam a importância do capital humano como variável explicativa do nível e da taxa de crescimento da renda por trabalhador. A *proxy*

utilizada para capital humano levou em consideração aspectos quantitativos e qualitativos, ou seja, os autores criaram uma variável que resultava da multiplicação dos anos de escolaridade por indicadores de qualidade de ensino, sendo que a qualidade de ensino foi medida através de variáveis como o percentual de professores com curso de graduação, taxa de aprovação dos alunos matriculados e número de estudantes por sala de aula. Os autores concluem que o capital humano tem significância estatística para explicar o desenvolvimento econômico. Além disso, quando trabalham com uma variável que resume tanto os aspectos qualitativos quanto os quantitativos do capital humano, o poder de explicação do modelo aumenta.

Para Nakabashi e Figueiredo (2008), o capital humano afeta o crescimento através de três canais: melhora na produtividade marginal do trabalho (que classifica como efeito direto), criação de tecnologia e difusão de tecnologia (que são classificados como efeito indireto). Os autores concluem que quando são considerados apenas os efeitos diretos, o modelo não tem poder explicativo, justificando que o principal efeito do capital humano é sobre a difusão de tecnologia, tanto para países próximos à fronteira tecnológica, quanto para países distantes. Além disso, para os autores, a interação entre capital humano e distância da fronteira é importante por acelerar o processo de difusão tecnológica, principalmente nas economias com renda mais elevada. Islam (1995) corrobora a ideia de que o capital humano explica o crescimento econômico se for considerada sua interação com a proximidade em relação à fronteira tecnológica.

Hanushek e Kimko (2000) discutem o impacto da qualidade da educação na taxa de crescimento da renda per capita, através da análise do desempenho de estudantes em testes internacionais de matemática e ciências. No trabalho, os autores utilizaram indicadores do PISA, *Program for International Student Assessment*. Na primeira parte do trabalho, incluem a qualidade do ensino como variável explicativa da taxa de crescimento da renda per capita. Os resultados indicam que a inclusão de tal variável aumenta o poder explicativo do modelo, sendo que o parâmetro associado a qualidade da educação é significativo e positivo, ao passo que a variável que mede anos de escolaridade perde significância. A segunda parte do trabalho foca em identificar uma relação de causalidade corroborando a intuição de que a qualidade da educação provoca desenvolvimento econômico. Para isso, os autores trabalham com micro dados do mercado de trabalho norte-americano, considerando na amostra tanto os norte-americanos quanto os imigrantes. No modelo, são incluídos indicadores educacionais do país de origem do imigrante, quando este completou o segundo grau em sua terra natal. Os resultados obtidos vão em linha com os iniciais. Em seguida, a regressão é executada deixando na amostra apenas os imigrantes que estudaram nos Estados Unidos e a significância

da educação do país de origem do imigrante deixa de ser significativa e perde seu poder explicativo, o que leva os autores a concluir que a qualidade da educação é relevante para explicar renda per capita.

Judson (1998) analisa o benefício marginal que cada nível de ensino possui, concluindo que a correlação entre capital humano e crescimento econômico é significativa somente para países que têm uma boa alocação dos recursos para educação (orçamento disponível para educação, os custos e retorno para cada nível de ensino). Em outras palavras, se a economia alocar de maneira eficiente os gastos com educação, o capital humano, no caso ensino, tem poder explicativo com relação ao crescimento econômico.

Segundo Aghion *et al* (2005), se uma economia busca maximizar o crescimento, ela deve alocar os gastos com capital humano de acordo com sua proximidade da fronteira tecnológica. Países mais distantes da fronteira devem concentrar os investimentos em educação básica, enquanto que países mais próximos à fronteira devem concentrar os investimentos em educação superior. O avanço tecnológico pode acontecer por imitação ou inovação. Imitação compreende incorporar tecnologias já existentes em outras economias. Já a inovação, acontece quando se está desafiando a fronteira tecnológica existente. Para que haja inovação, naturalmente deve-se investir em níveis educacionais superiores.

3- METODOLOGIA

O trabalho de Aghion *et al* (2005) norteia os testes feitos no presente trabalho. Segundo os autores, existe uma função de produção para os bens finais e uma função de produção para bens intermediários. Para os bens finais, a função que representa a produção é dada por:

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

Na expressão acima, y_t representa a produção do bem final no período *t*. A variável u representa a quantidade de trabalhadores não qualificados (“*unskilled”*) envolvidos na produção dos bens finais, enquanto que s indica o contingente de trabalhadores qualificados (“*skilled*”), ambos no momento *t*. Como de costume, *A* mede a produtividade total dos fatores, ou seja, é uma medida de como os fatores de produção são combinados para formação do bem final. Por fim, x representa a quantidade de bens intermediários utilizados para produção do bem final. O termo *f* serve para mostrar que se trata da função de bens finais.

O progresso tecnológico, ou seja, o crescimento de *A*, acontece no setor de bens intermediários, através de duas formas: inovação e imitação. A inovação está associada a expansão da fronteira tecnológica existente, desafiando o conhecimento adquirido até então. Assim sendo, a inovação depende do capital humano qualificado, uma vez que é esperado que pessoas com alto nível de escolaridade possam gerar conhecimento novo e fazer novas descobertas. Já a imitação, está relacionada à incorporação de tecnologias já existentes em outras economias, estando, portanto associada mais ao capital físico e ao capital humano pouco qualificado, do que ao capital humano qualificado. O desenvolvimento tecnológico, segundo Aghion *et al* (2005), pode ser expresso pela equação abaixo:

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

Pela equação, a tecnologia no período subsequente A_{t+1}, é determinada pelo nível tecnológico atual A_t, acrescida do crescimento tecnológico. Por sua vez, o crescimento tecnológico é impulsionado pela imitação, indicada por *m* e pela inovação, indicada por *n*. Assim sendo, o termo $u_{m,t+1}^{\alpha} s_{m,t+1}^{1-\alpha}(\overline{A}_t - A_t)$ indica o avanço com a imitação, sendo que $\overline{A}_t$ representa a fronteira tecnológica. Já o termo $\gamma u_{n,t+1}^{\emptyset} s_{n,t+1}^{1-\emptyset} A_t$ refere-se ao crescimento tecnológico através da inovação. Pode-se observar que quanto maior a distância da fronteira de determinada economia, maior será o termo $(\overline{A}_t - A_t)$ e o peso da imitação no desenvolvimento tecnológico é maior. Analogamente, quanto mais próximo da fronteira, maior o peso da inovação no desenvolvimento.

Aghion *et al* (2005) também partem da hipótese de que $\emptyset < \alpha$. Com isso, traz consigo a premissa de que a elasticidade em relação ao trabalhador não qualificado é maior no setor de imitação. Em paralelo, a elasticidade em relação ao trabalhador qualificado é maior no setor de inovação. Isso significa dizer que trabalhadores qualificados geram mais resultados se estiverem alocados no setor que desafia a tecnologia existente. Quanto mais perto a economia estiver da fronteira tecnológica, maior é o número esperado de trabalhadores qualificados. Nesse cenário de proximidade à fronteira, os autores concluem que é mais vantajoso, do ponto de vista de crescimento econômico, alocar a maior parte dos seus trabalhadores nos setores de inovação. Quando se busca otimizar o crescimento econômico em uma economia longe da fronteira tecnológica, espera-se observar maior contingente de trabalhadores pouco qualificados, sendo mais eficiente alocar o capital humano no setor de imitação.

Em seu trabalho, Aghion *et al* (2005) testaram se os dados de crescimento econômico e investimento nos ensinos básico e superior, para cada estado dos Estados Unidos da América, respeitavam o que o modelo teórico dizia, ou seja, que o investimento em educação superior contribui mais para o crescimento da produtividade de estados próximos a fronteira. Ao mesmo tempo, testaram se o investimento em educação básica contribui mais para o crescimento de estados que estavam longe da fronteira. Para isso, montou uma regressão na qual a variável dependente era o crescimento da renda e as variáveis independentes eram os investimentos em ensino (básico e superior), a proximidade com a fronteira tecnológica e as interações entre os investimentos e a proximidade da fronteira. Como o modelo estava correto, os resultados obtidos foram dentro do esperado, ou seja, o coeficiente relativo à iteração entre investimento em ensino superior e distancia da fronteira foi positivo, enquanto que o coeficiente relativo a iteração entre investimento em ensino básico e distancia da fronteira se mostrou negativo. Um dos problemas do modelo pontuado pelos autores é a endogeneidade entre educação e renda. Segundo Bills e Klenow (2000), os resultados dos estudos sobre educação e crescimento econômico podem estar superestimados pela omissão de uma variável que pode estar relacionada com ambas as variáveis. Para mitigar esse problema, Aghion *et al* (2005) se utilizaram de algumas variáveis instrumentais. Com relação aos gastos em educação, por exemplo, os autores utilizaram o percentual de juízes progressistas na suprema corte de cada estado interagido com um indicador que mostra se o chefe de justiça do estado é progressista ou não. Além disso, os autores inseriram controles de efeito fixo para estados, coorte (anos) e uma tendência linear de crescimento para cada um dos estados definida pelo Census. Os autores também compararam alguns estados que possuem uma distância da fronteira tecnológica parecida e que tenham escolhido alocações distintas dos investimentos com educação. Com isso, ficaria evidente a existência de erros de alocação, o que torna possível realizar a regressão proposta por MQO. No entanto, se os erros forem endógenos, o problema da endogeneidade não seria resolvido. Uma situação desta se daria, por exemplo, em um contexto em que haja uma imposição ao governo dada por uma lei desatualizada, ou alguma pressão de grupos políticos, que faça com que os estados não busquem a alocação ótima dos investimentos com educação. Por limitações nas informações disponíveis sobre os estados brasileiros, será considerada verdadeira a hipótese de que os erros são arbitrários, estimando inicialmente os parâmetros por Mínimos Quadrados Ordinários.

Com relação à incorporação da qualidade da educação, segundo Laabas e Kazzak (2001), o capital humano pode ser descrito por:

$H_t = h_t L_t$, sendo

$h_t = e^{\psi \xi l_{ht}}, \psi > 0 \,; 0 \leq \xi \leq 1.$

A variável H_t representa o capital humano, ao passo que L_t representa o contingente de trabalhadores, ambos no período *t*. Dessa forma, h_t representa o capital humano por trabalhador. Para indicar a taxa de retorno da educação é utilizada a letra ψ é a taxa de retorno da educação, ξ é a qualidade da educação. Por fim, l_{ht} indica o tempo de estudo gasto para acumulação de capital humano. Assim como no estudo de Laabas e Kazzak (2001), a incorporação da qualidade da educação no modelo se dará pela multiplicação do indicador de qualidade pelo indicador de gasto com determinado nível de ensino. Cabe observar que, ao invés de utilizar o tempo de estudo, será utilizado o gasto público com ensino, para que se possa dar sequência ao estudo realizado por Pereira (2014).

3.1. PAINEL

O trabalho utiliza dados em painel dos estados brasileiros, a exemplo do que fizeram Aghion *et al* (2005) com os estados americanos. O período analisado foi de 2005 a 2011, sendo considerados 26 estados da federação. Os modelos elaborados têm sempre, como variável explicada, a taxa de crescimento da renda real per capita. Dentre as variáveis explicativas, os modelos apresentam sempre dados associados ao capital humano no que se refere à educação e suas respectivas iterações com a proximidade da fronteira tecnológica.

Alguns trabalhos, como Veloni (2008) consideram o número de alunos matriculados como variável explicativa. Tal modelo acaba não considerando a qualidade de ensino de cada estado, partindo do pressuposto que um aluno matriculado em um estado rico tem a mesma qualidade de educação de um estado pobre. Sabe-se que a qualidade de educação é diferente em cada estado e o modelo de Veloni (2008) acaba não levando em conta tais diferenças.

Outros trabalhos, como os de Aghion *et al* (2005) e Pereira (2014), utilizam dados de gastos públicos com educação para explicar a taxa de crescimento da renda. A utilização dos gastos, ao invés do número de matrículas, corrige o problema apontado acima. O presente trabalho, inicialmente, irá reproduzir os testes de Pereira (2014) com a inclusão de mais um nível escolar, ou seja, ao invés de se trabalhar com ensino básico e ensino superior, testaremos o modelo considerando ensino fundamental, ensino médio e ensino superior. Os testes serão feitos considerando o gasto por aluno efetivamente matriculado e, posteriormente,

considerando alunos potenciais, o que significa dividir o gasto total com ensino pela população potencial para estar matriculada. O modelo proposto considerando gasto por aluno efetivo tem a seguinte especificação:

Modelo I: Gasto Efetivo

$$Gy_{i,t} = k_0 + k_1 GFe_{i,t-4} + k_2 GMe_{i,t} + k_3 GSe_{i,t} + k_4 GFe_{i,t-4} DF_{i,t-4} + k_5 GMe_{i,t} DF_{i,t} + k_5 GSe_{i,t} DF_{i,t} + k_6 DF_{i,t-1} + k_7 I_i + k_8 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

No Modelo I, *i* representa o estado da federação enquanto que *t* representa o ano. A variável explicada é o $Gy_{i,t}$, ou seja, a taxa de crescimento da renda per capita real. Os coeficientes são representados pela letra *k*, enquanto que *GFe*, *GMe* e *GSe* significam o gasto público por aluno efetivo no ensino fundamental, médio e superior, respectivamente. A variável *DF* designa a distância para a fronteira tecnológica, sendo I_i e I_t os efeitos fixos. Por fim, ε indica o erro da regressão. A *rationale* de cada defasagem será explicada adiante, porém é importante esclarecer a forma de cálculo da variável explicada:

$$Gy_{i,t} = \frac{y_t}{y_{t-1}} - 1$$

Onde $y_{i,t}$ e $y_{i,t-1}$ representam o PIB per capita real para o estado i, no ano t e t-1, respectivamente.

Após reproduzir as regressões de Pereira (2014) com os ajustes acima, serão incorporados ao modelo os dados de qualidade da educação, criando uma variável que interaja gasto público com qualidade, para cada nível de ensino. Assim como o modelo inicialmente proposto, os testes serão feitos tanto para aluno efetivo, quanto para aluno potencial. Espera-se dessa forma, aumentar ou manter poder explicativo do modelo com a inclusão dos indicadores de qualidade do ensino. Intuitivamente, um gasto per capita em educação elevado apenas afetará o crescimento econômico se o investimento feito for acompanhado de uma educação de qualidade. O modelo proposto, com a inclusão da qualidade do ensino, busca dar robustez a tal intuição. Formalmente, tem-se o seguinte modelo:

Modelo II: gasto efetivo e qualidade do ensino

$$Gy_{i,t} = k_0 + k_1 GFe_{i,t-4} QF_{i,t-4} + k_2 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} + k_3 GSe_{i,t} QS_{i,t} + k_4 GFe_{i,t-4} QF_{i,t-4} DF_{i,t-4} + k_5 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} DF_{i,t-1} + k_5 GSe_{i,t} QF_{i,t} DF_{i,t} + k_7 I_i + k_8 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Os indicadores de qualidade do ensino fundamental, médio e superior são indicados por *QF*, *QM* e *QS*, respectivamente. As demais variáveis seguem a lógica já explicada anteriormente.

Veloni (2008) e Aghion *et al* (2005) utilizam coortes de nascimento para seus estudos. Já o presente trabalho, segue a linha de pesquisa de Pereira (2014), na qual são utilizados os dados defasados para que correspondam ao efeito produzido na variável independente. O nível mais baixo de ensino considerado no trabalho é o fundamental, em que na média os alunos ingressantes têm 7 anos de idade e os concluintes, 14 anos. O segundo nível de ensino considerado é o médio, no qual os alunos têm de 15 a 17 anos em média. O nível mais alto de ensino considerado é o superior, que comporta alunos com 18 anos de idade em diante. Uma vez que com 15 anos o brasileiro entra na força de trabalho obtendo renda, a defasagem para os gastos com ensino fundamental foi de quatro anos. Para o ensino médio e para o ensino superior, nenhuma defasagem foi considerada. Já com relação aos dados de qualidade da educação, a defasagem para a qualidade do ensino fundamental é de um ano. Para qualidade do ensino médio e superior, nenhuma defasagem. Isso foi feito, pois os dados apresentam a qualidade dos alunos concluintes. A Tabela I resume o racional e a solução oferecida.

Tabela I – Defasagens das variáveis explicativas

	Ensino Básico	Ensino Médio	Ensino Superior
Idade mínima	7 anos	15 anos	18 anos
Idade máxima	14 anos	17 anos	29 anos
Idade média	10,5 anos	16 anos	23,5 anos
Defasagem da variável explicativa de gasto público com educação	4 anos	Nenhuma	Nenhuma

Defasagem da variável explicativa de qualidade da educação	1 ano	Nenhuma	Nenhuma

Fonte: elaboração do autor

Por último, será testado o modelo em que a variável explicativa será a qualidade de ensino nos três níveis, bem como suas respectivas iterações com a distância da fronteira tecnológica. Trata-se do teste de Pereira (2014) com mais um nível de ensino e substituindo os indicadores de gastos em educação por aqueles que representam a qualidade da educação.

Os estados podem carregar características individuais que não sejam capturadas pelas variáveis da regressão. Se isso acontecer, estariam sendo capturados pelos erros das regressões e considerando a possibilidade dos erros correlacionarem com as variáveis explicativas, estaríamos diante de uma situação em que a endogeneidade impediria o cálculo de estimadores consistentes através do MQO. Para resolver esse problema, o modelo a ser estimado utiliza-se da inserção de controles de efeito fixo. A estratégia de utilizar efeitos fixos consiste basicamente em utilizar a média amostral de cada variável para cada estado e para cada instante de tempo, subtraída da média calculada para aquela variável, para cada estado. Com isso, elimina-se o efeito fixo da regressão.

4- BASE DE DADOS

A base de dados foi construída com fontes de dados públicas e oficiais no Brasil. A variável explicada, GY, representa a taxa de crescimento da renda, em termos reais, per capita de pessoas com mais de 10 anos de idade. Para obter GY, foram utilizadas informações disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Como não houve até então divulgação para os dados para o ano de 2010, foi considerada a média aritmética dos anos de 2009 e 2011.

Assim como foi feito por Pereira (2004), o presente estudo considera os gastos públicos com educação como *proxy* para os investimentos em educação. O Tesouro Nacional divulga, no âmbito da política fiscal, os gastos com educação para cada nível de ensino, separando o orçamento realizado de cada estado da federação, por ano. Os níveis de ensino que o Tesouro Nacional considera são Educação Infantil (EI), Ensino Fundamental (EF), Ensino Médio (EM), Educação de Jovens Adultos (EJA), Ensino Profissional (EP) e Ensino

Superior (ES). Para o presente trabalho, foram filtradas as informações para que contivessem apenas os gastos com Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino Superior. Naturalmente foram utilizados valores reais e não nominais como são divulgados. Em uma primeira etapa do trabalho, os gastos foram divididos pelo número de alunos matriculados em cada nível de ensino considerado, para obter o gasto por aluno efetivo. Posteriormente, os testes foram feitos considerando o gasto com ensino por aluno potencial. Para isso, o gasto foi dividido pela população potencial para o respectivo nível escolar, informação disponível no IBGE. Para ensino básico, utilizou-se a quantidade de pessoas de 6 a 14 anos de cada estado; para o ensino médio, 15 a 17 anos; para ensino superior, 18 a 29 anos. A vantagem de realizar os testes com os gastos por aluno potencial é medir a intensidade do investimento. Em outras palavras, é dado o mesmo peso para um aluno matriculado em uma escola que recebe os recursos mínimos para educação e um aluno matriculado em uma instituição com melhores condições de aprendizagem.

Os valores de renda per capita e de gastos com ensino, foram todos deflacionados utilizando o Índice de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA) divulgado em bases anuais pelo IBGE, um dos índices de inflação oficial do Brasil. Assim, torna-se possível realizar comparações reais.

Um dos principais diferenciais do presente estudo é o acréscimo da variável que representa a qualidade da educação. Para medir a qualidade da educação no ensino básico e fundamental, foi considerado o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), cuja fonte é o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). A série histórica do IDEB está disponível a partir de 2005, o que impediu nosso estudo de retroagir muito a amostra analisada. O IDEB obedece a uma escala de zero a dez e é calculado a partir de dois componentes: a taxa de rendimento escolar (aprovação) e as médias de desempenho nos exames padronizados aplicados pelo INEP. Os índices de aprovação são obtidos a partir do Censo Escolar, realizado anualmente pelo INEP e as médias de desempenho utilizadas são as da “Prova Brasil” (para IDEBs de escolas e municípios) e do “Sistema de avaliação da Educação Básica - SAEB” (no caso dos IDEBs dos estados e nacional). A base de dados utilizada considera o desempenho dos alunos de escolas públicas no último ano de cada nível de ensino. Ou seja, para os alunos do ensino fundamental, foram consideradas as notas dos alunos de oitava ou nona série, conforme o ano. Já para os alunos do ensino médio, o trabalho utiliza dados dos alunos que estão se formando no terceiro ano.

Para os dados de qualidade de educação do ensino superior, o INEP também serviu de base de informação, mas agora através do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes

(ENADE). Tal exame é aplicado no final da graduação e contempla questões que testam o desempenho dos alunos em relação aos conteúdos programáticos previsto nas diretrizes curriculares dos respectivos custos de graduação, bem como as habilidades e competências em sua formação. Diferente dos indicadores de qualidade do ensino fundamental e básico, para os quais foram considerados os desempenhos dos alunos apenas de escolas públicas, o indicador de desempenho do ENADE contempla as notas de instituições públicas e privadas, por uma limitação dos dados.

O trabalho de Aghion *et al* (2005) tem como uma de suas variáveis principais a distância que cada estado está da fronteira tecnológica. A fronteira tecnológica é representada pelo estado que tiver, no ano analisado, a maior renda per capita real para pessoas com mais de 10 anos, conforme dados do IBGE. Uma vez definido o estado que representará a fronteira tecnológica de cada ano, a variável que representa a proximidade da fronteira é calculada dividindo-se o valor observado em cada estado pelo valor correspondente ao estado que representa a fronteira. Assim sendo, tem-se uma variável para cada estado da federação, que é um número positivo, sempre menor ou igual a 1. Quanto mais próximo de 1, mais perto o estado está da fronteira tecnológica. Na amostra analisada, o estado de São Paulo representou a fronteira tecnológica entre os anos 2005 e 2008, enquanto que entre 2009 e 2011 tal posto foi assumido por Santa Catarina. Quando analisamos a média aritmética da distância da fronteira no período de 2005 a 2011, naturalmente os estados de São Paulo e Santa Catarina lideram a lista. Vale lembrar que quão mais próximo do 1 o estrado estiver, maior é a proximidade da fronteira, ao passo que quão mais próximo de 0, mais distante da fronteira o estado está. A Tabela II apresenta um resumo dos dados observados, ordenadas do estado mais próximo para o mais distante da fronteira.

Tabela II – Distância da fronteira tecnológica, qualidade da educação

Estado	Média da distância da fronteira entre 2005-2011	Média da taxa de crescimento anual da renda real *p.c.* entre 2005-2011 (%)	Desempenho médio na prova do IDEB do Ensino Fundamental entre 2005-2011	Desempenho médio na prova do IDEB do Ensino Médio entre 2005-2011	Desempenho médio na prova do ENADE do Ensino Superior entre 2005-2011
SP	0.9844	3.6142	4.1179	3.5429	2.8970
SC	0.9817	4.7944	4.2714	3.7500	3.0113
RJ	0.9470	2.5416	3.2357	2.8857	2.9733
RS	0.9015	3.2647	3.7429	3.4571	3.3870

PR	0.8786	3.2494	3.8893	3.6714	3.0872
MS	0.8168	6.6675	3.5250	3.3214	2.9758
ES	0.7628	4.4843	3.6929	3.2571	3.0416
GO	0.7596	4.2968	3.5821	3.0786	2.7818
MT	0.7546	4.7652	3.7964	2.9071	2.7282
MG	0.7278	4.8807	3.9571	3.5500	3.1663
RO	0.6530	4.5072	3.3643	3.2929	2.6609
RR	0.6282	12.5299	3.5143	3.3214	2.9621
AC	0.6279	5.0058	3.8714	3.2929	2.9073
TO	0.5900	5.0604	3.7071	3.2000	2.4864
AP	0.5780	6.3225	3.4893	2.7929	2.5144
RN	0.5426	5.7639	2.7929	2.7000	3.3509
SE	0.5389	4.9918	2.8214	2.7929	2.7679
AM	0.5360	3.4340	3.3107	2.9357	2.7262
PB	0.5144	5.7945	2.7929	2.8643	3.0915
PA	0.4997	3.5379	3.1679	2.6714	2.6917
BA	0.4848	5.2617	2.8000	2.9071	2.9388
PE	0.4709	3.3356	2.7964	2.8714	2.8975
PI	0.4566	4.9189	3.2357	2.6000	3.0220
CE	0.4549	5.4931	3.4000	3.2286	3.1110
AL	0.4227	5.1434	2.5893	2.7000	2.4528
MA	0.4017	4.5436	3.3357	2.8143	2.7392
Correlação com a Proximidade da Fronteira		-0.2337	0.7433	0.7108	0.3017

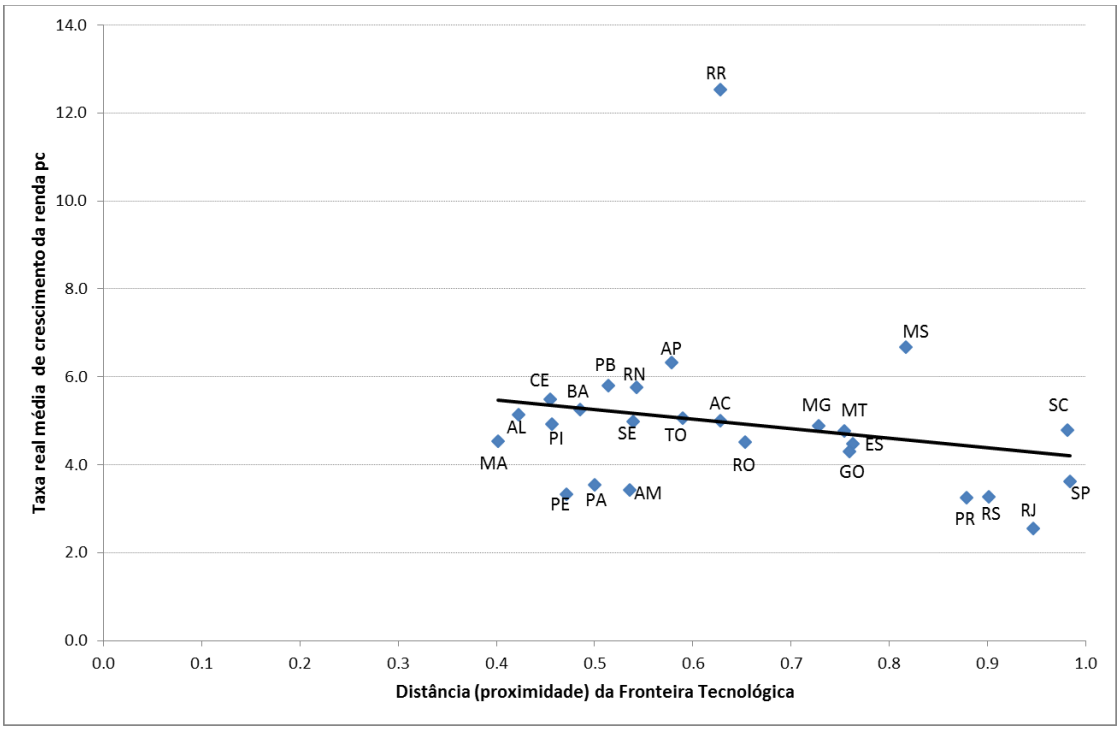
Fonte: Elaboração do Autor

Os estados mais distantes da fronteira tecnológica são em sua maioria da região Norte e Nordeste do país, o que não surpreende dado que, infelizmente, são regiões com renda per capita inferior àquela observada nos demais estados da federação. Paraíba, Bahia, Pernambuco, Ceará Alagoas e Maranhão são os estados mais distantes da fronteira. Quando se compara a distância da fronteira com a média da nota no IDEB para ensino fundamental e para ensino médio, observa-se uma correlação alta, ambas de aproximadamente 0,72. A correlação entre a distância da fronteira e o desempenho dos estados na prova do ENADE é 0,32. O sinal corrobora a intuição de que há uma tendência de que qualidade da educação e renda andam no mesmo sentido.

Além disso, a Tabela II traz a taxa média de crescimento dos estados da federação no período analisado. Se a teoria está correta, os estados mais pobres, que no caso estão mais longe da fronteira tecnológica, na média crescem a taxas mais altas do que os estados mais ricos, que no caso estão mais próximos da fronteira tecnológicas. Com isso, a economia

evolui para *steady state*. Na amostra analisada, a correlação entre a distância da fronteira e a taxa média de crescimento real do estado é -0,21. O valor negativo indica que quanto mais próximo de 1 o indicador de distância estiver (ou seja, mais próximo da fronteira), menor é a taxa média de crescimento real observada. Em paralelo, quanto mais próximo de zero estiver o indicador de distância, maior a taxa de crescimento real observada. Em outras palavras, os dados corroboram a teoria de que economias pobres crescem a taxas mais rápidas, ao passo que economias ricas crescem com velocidade menor, reforçando a ideia de convergência para *steady state*.

Figura I – Taxa média de crescimento real e distancia media da Fronteira



Fonte: Elaboração do Autor

A Figura I mostra a taxa real média de crescimento da renda per capita de cada estado brasileiro no eixo vertical e a distância média de com relação a fronteira tecnológica no eixo horizontal. Pode-se observar que os estados que estão mais a direita são aqueles com maior proximidade da fronteira. Pode-se observar que a reta de tendência traçada é negativamente inclinada. Isso corrobora a teoria de que quanto mais próximo da fronteira tecnológica, menor o crescimento médio observado. Também é possível perceber que os estados à esquerda de Roraima, apresentam maior distância da fronteira tecnológica e, com exceção de Amazonas, Para, Pernambuco e Maranhão, apresentam taxas de crescimento acima da taxa média

observada no Brasil, de 4,93%, o que também reforça o que a teoria diz a respeito de distância da fronteira, velocidade de crescimento e convergência para *steady state*.

Por fim, é necessário mencionar que foram considerados os 26 estados da federação, excluindo-se o Distrito Federal. Isso porque, tal estado apresenta resultados muito díspares dos demais e foi considerado como um *outlier*.

5- RESULTADOS

Conforme já mencionado, a metodologia de estimação dos parâmetros é a de Mínimos Quadrados Ordinários, iniciando pelo modelo que considera apenas os gastos efetivos e ainda a qualidade não foi incorporada. A regressão inicialmente feita foi o Modelo 1:

Modelo I: Gasto Efetivo

$$Gy_{i,t} = k_0 + k_1 GFe_{i,t-4} + k_2 GMe_{i,t} + k_3 GSe_{i,t} + k_4 GFe_{i,t-4} DF_{i,t-4} + k_5 GMe_{i,t} DF_{i,t} + k_5 GSe_{i,t} DF_{i,t} + k_6 DF_{i,t-1} + k_7 I_i + k_8 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Os resultados obtidos estão presentes na Tabela III abaixo:

Tabela III – Resultados da regressão apresentada no Modelo I

Variável Dependente: GY
Amostra (Ajustada): 2009 2011
Períodos Incluídos: 3
Cross-sections Incluídas: 26
Número de Observações no Painel: 78

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	t-Statistic	P-valor
C	101.6673	14.79171	6.873261	0.0000
GFE(-4)	0.020806	0.007120	2.922256	0.0055
GME	-0.005028	0.001893	-2.655752	0.0111
GSE	-0.012155	0.010298	-1.180351	0.2443
GFE(-4)*DF(-4)	-0.025361	0.008408	-3.016324	0.0043
GME*DF	0.008891	0.003144	2.827845	0.0071
GSE*DF	0.021816	0.017954	1.215087	0.2310
DF(-1)	-163.8395	22.50114	-7.281384	0.0000

Effects Specification

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

R-squared	0.692457	Mean dependent var	3.070503
Adjusted R-squared	0.449283	S.D. dependent var	4.865565
S.E. of regression	3.610751	Akaike info criterion	5.707636
Sum squared resid	560.6134	Schwarz criterion	6.765133
Log likelihood	-187.5978	Hannan-Quinn criter.	6.130971
F-statistic	2.847580	Durbin-Watson stat	2.294845
Prob(F-statistic)	0.000664		

Fonte: Elaboração do Autor

Pode-se observar que estão em linha com os estudos similares como os de Aghion *et al* (2005) e Pereira (2014). Todas as variáveis tiveram significância estatística a 10%, exceto para a variável relativa ao ensino superior quando isolada, sem a interação com a fronteira. Além disso, os sinais obtidos estão dentro do esperado.

O parâmetro k_1 relacionado ao gasto em ensino fundamental é significativo e apresenta sinal positivo. Isso significa dizer que no Brasil, aumentar os investimentos em educação fundamental tem um impacto positivo no crescimento da renda real per capita. Em paralelo, o sinal do coeficiente do k_4, correspondente à interação entre gasto com ensino fundamental e distância da fronteira, é negativo. A interpretação do sinal também está em linha com a teoria, ou seja, quanto mais distante da fronteira tecnológica a economia estiver, maior é o efeito relativo de investir em educação básica, ao passo que quanto mais próximo da fronteira estiver, menor é o efeito do investimento em educação fundamental sobre a taxa de crescimento. O sinal negativo, portanto, está dentro do esperado.

O parâmetro k_2 apresenta sinal negativo, o que inicialmente pode parecer um puzzle. Isso porque, a interpretação de que fomentar o ensino médio teria um impacto negativo na taxa de crescimento da renda é contra intuitiva. No entanto, estamos diante de uma situação em que a distância da fronteira está, na média, em uma situação tal que não se estimula o investimento em educação média. Em outras palavras, há um *threshold* a partir do qual o investimento em determinado nível educacional passa a não ótimo do ponto de vista da taxa de crescimento da renda per capita. Com os resultados obtidos, é possível calcular tal *threshold* igualando a primeira derivada da equação principal a zero.

Para o ensino fundamental, pode-se calcular o *threshold*, representado por DF^*, da seguinte forma:

$$\frac{\partial Gy_{i,t}}{\partial GFe_{i,t-4}} = k_1 + k_4 DF_{i,t-4} = 0$$

$$0{,}020806 + (-0{,}025361)DF^{*} = 0 \Leftrightarrow DF^{*} = 0{,}820394$$

Isso significa que 0,820394 representa a distância da fronteira a partir da qual deixa de ser vantajoso, do ponto de vista do impacto na renda, investir em ensino fundamental.

Já para o caso do ensino médio, pode-se também calcular o *threshold* DF^{**}:

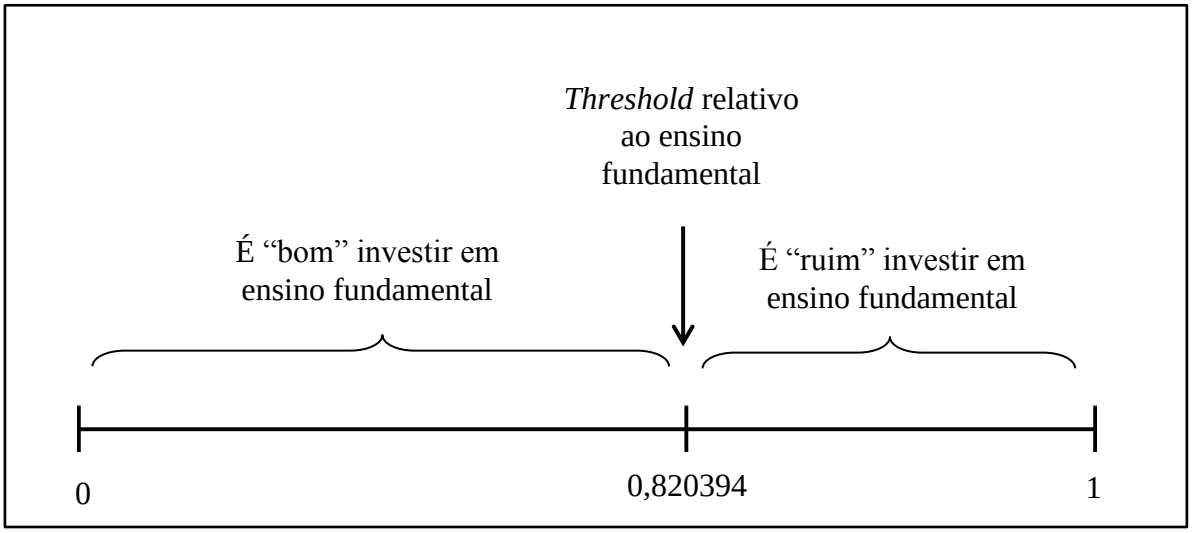
$$\frac{\partial Gy_{i,t}}{\partial GMe_{i,t}} = k_2 + k_5 DF_{i,t} = 0$$

$$-0.005028 + (0.008891)DF^{**} = 0 \Leftrightarrow DF^{**} = 0{,}565516$$

Nos dois casos, o *threshold* encontrado está entre zero e um, que representa os possíveis valores para a distância da fronteira. Vale lembrar que quanto mais próximo da fronteira, mais próximo de 1.

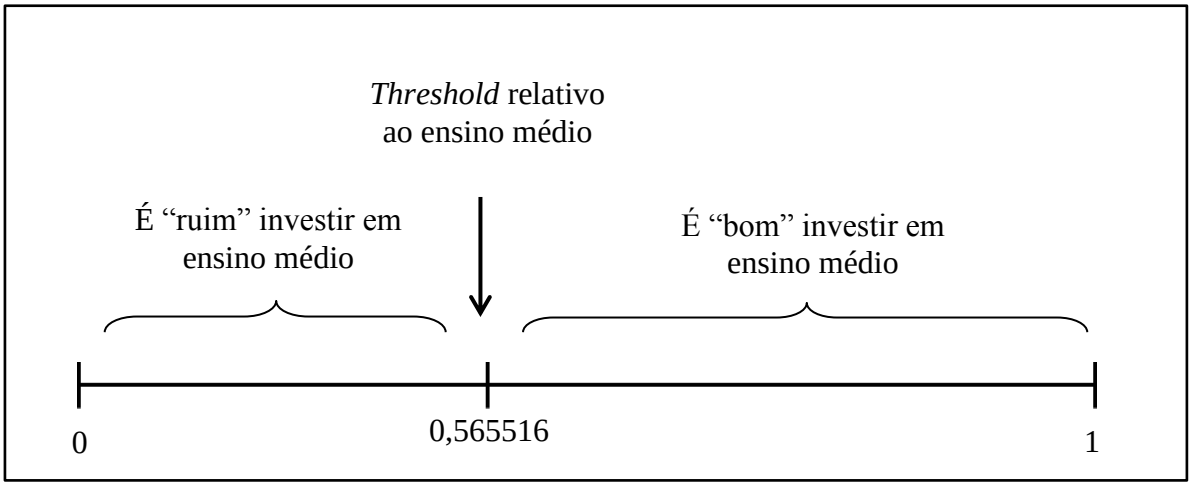
As Figuras II.A e II.B representam graficamente a interpretação dos cálculos de *threshold* para o ensino fundamental e médio, respectivamente.

Figura II.A – *Threshold* da distância da fronteira para ensino fundamental



Fonte: elaboração do autor

Figura II.B – *Threshold* da distância da fronteira para ensino médio

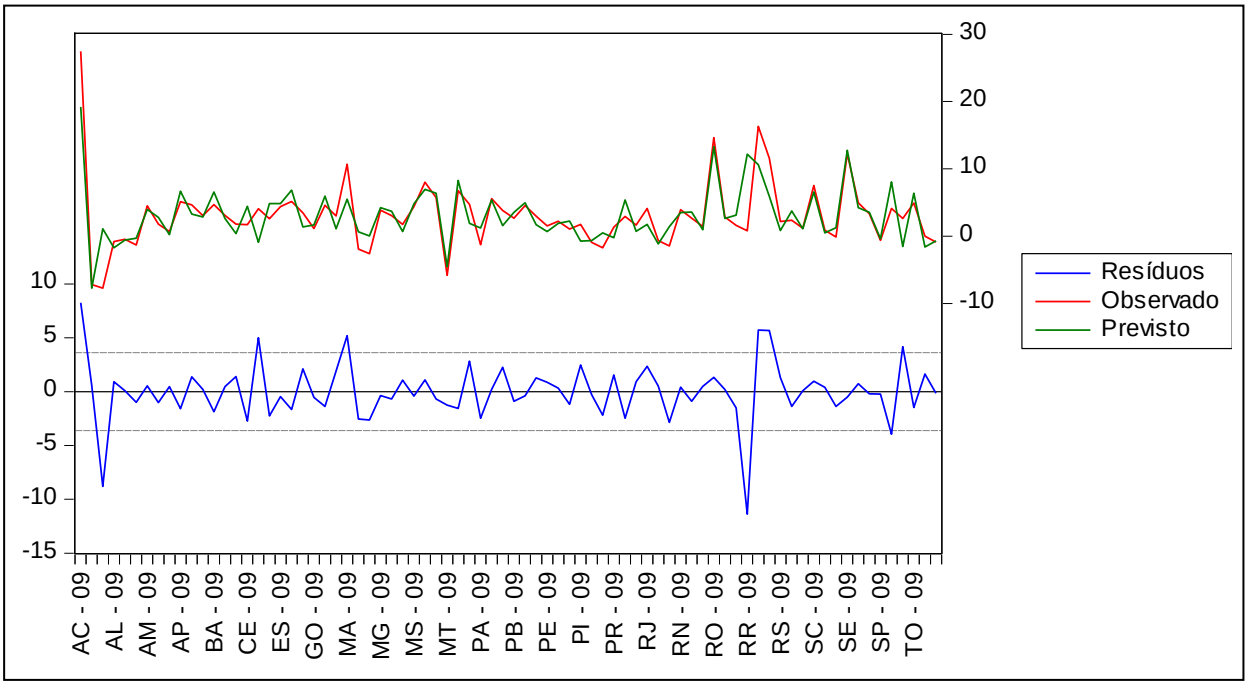


Fonte: elaboração do autor

É importante deixar claro que isso não significa que não se deve investir em ensino médio, mas sim que tal nível de ensino já recebe investimentos suficientes e um choque na educação fundamental não teria um impacto positivo na taxa de crescimento da renda real per capita.

Comparando os resultados obtidos no presente com estudos similares, pode-se observar que no Brasil o ensino médio desempenha o papel desempenhado pelo ensino superior da teoria do Aghion *et al* (2005), ou seja, quanto menor a distância entre um estado e a fronteira tecnológica, maior deve ser o investimento no ensino médio, ao invés do superior, como indica a teoria de Aghion et al.

Figura III – Valores Observados, Previstos e Resíduos do Modelo I



Fonte: Elaboração do Autor

Quando são inseridos os dados de qualidade da educação, os resultados se mantêm em linha com os apresentados anteriormente. O modelo passa a ser descrito pela equação abaixo.

Modelo II: Gasto efetivo e qualidade do ensino

$$Gy_{i,t} =$$

$$k_0 + k_1 GFe_{i,t-4} QF_{i,t-4} + k_2 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} + k_3 GSe_{i,t} QS_{i,t} + k_4 GFe_{i,t-4} QF_{i,t-4} DF_{i,t-4} +$$

$$k_5 GMe_{i,t-1} QM_{i,t} DF_{i,t-1} + k_6 GSe_{i,t} QF_{i,t} DF_{i,t} + k_7 DF_{i,t-1} + k_8 I_i + k_9 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Os resultados obtidos são apresentados na tabela IV.

Tabela IV – Resultados da regressão apresentada no Modelo II

Variável Dependente: GY
Method: Panel Least Squares
Date: 12/11/14 Time: 00:25
Amostra (Ajustada): 2009 2011
Períodos Incluídos: 3
Cross-sections Incluídas: 26
Número de Observações no Painel: 78

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	t-Statistic	P-valor
C	101.5282	14.86282	6.831018	0.0000

GFE(-4)*QF(-1)	0.005871	0.002055	2.857575	0.0066
GME*QM	-0.001576	0.000576	-2.735490	0.0090
GSE*QS	-0.003110	0.003340	-0.931224	0.3569
GFE(-4)*QF(-1)*DF(-4)	-0.007315	0.002389	-3.061923	0.0038
GME*QM*DF	0.002724	0.000963	2.829690	0.0071
GSE*QS*DF	0.005731	0.005806	0.987162	0.3291
DF(-1)	-161.9469	22.71736	-7.128770	0.0000

Effects Specification

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

R-squared	0.688089	Mean dependent var	3.070503
Adjusted R-squared	0.441461	S.D. dependent var	4.865565
S.E. of regression	3.636302	Akaike info criterion	5.721738
Sum squared resid	568.5756	Schwarz criterion	6.779236
Log likelihood	-188.1478	Hannan-Quinn criter.	6.145074
F-statistic	2.789992	Durbin-Watson stat	2.255409
Prob(F-statistic)	0.000820		

Fonte: Elaboração do Autor

O modelo com qualidade da educação mantém o padrão de resultados obtidos sem a inclusão da educação. O ensino superior não tem significância estatística ao passo que ensino fundamental e médio possuem significância estatística a 10%. Os parâmetros k1, k4 e k5 apresentam sinais esperados. O fato do k2 apresentar sinal negativo reforça a ideia de que existe um *threshold* a partir do qual deixa de ser vantajoso investir no ensino médio, do ponto de vista da aceleração da renda per capita. Pode-se calcular portanto, qual é a distância da fronteira para a qual investir em determinado nível de ensino deixa de ser interessante para maximizar a renda per capita.

Para o ensino fundamental, calcula-se o ponto DF*** da seguinte forma:

$$\frac{\partial Gy_{i,t}}{\partial GFe_{i,t-4}QF_{i,t-1}} = k_1 + k_4 DF_{i,t-4} = 0$$

$$(0{,}005871) + (-0{,}007315)DF^{***} = 0 \Leftrightarrow DF^{***} = 0{,}802597$$

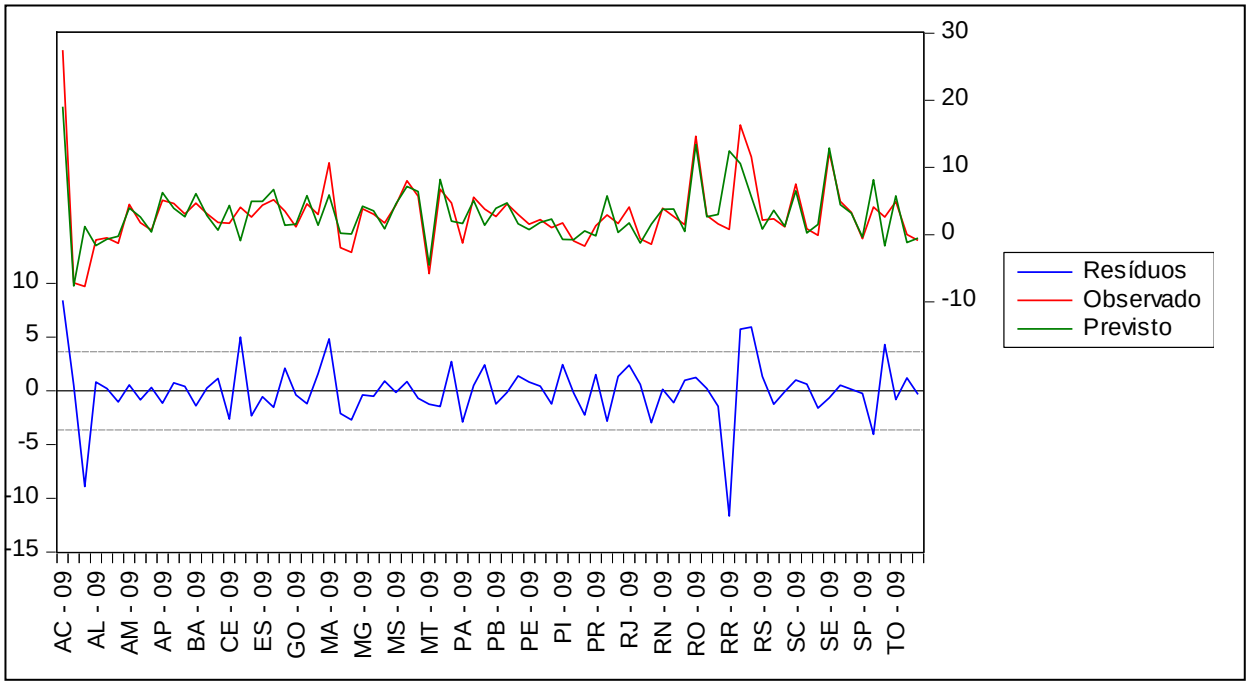
Já para o ensino médio, calcula-se o ponto DF**** da seguinte forma:

$$\frac{\partial Gy_{i,t}}{\partial GMe_{i,t}QM_{i,t}} = k_2 + k_5 DF_{i,t} = 0$$

$$(-0.001576) + (0.002724)DF^{****} = 0 \Leftrightarrow DF^{****} = 0{,}578561$$

Os resultados obtidos estão bem próximos daqueles calculados sem a inserção dos indicadores de qualidade no modelo. Pode-se, a partir dos resultados, elencar quais estados devem receber investimentos em educação fundamental e ou educação no ensino médio.

Figura IV – Valores Observados, Previsto e Resíduos do Modelo II



Fonte: Elaboração do Autor

Tabela V – Efeito provocado por incentivos em cada nível de ensino

		Modelo I: gasto		Modelo II: gasto e qualidade	
Estado	Média da distância da fronteira entre 2005-2011	efeito na renda ao incentivar ensino Fundamental	efeito na renda ao incentivar ensino médio	efeito na renda ao incentivar ensino Fundamental	efeito na renda ao incentivar ensino médio
SP	0.9844	negativo	positivo	negativo	positivo
SC	0.9817	negativo	positivo	negativo	positivo
RJ	0.9470	negativo	positivo	negativo	positivo
RS	0.9015	negativo	positivo	negativo	positivo
PR	0.8786	negativo	positivo	negativo	positivo
MS	0.8168	positivo	positivo	negativo	positivo
ES	0.7628	positivo	positivo	positivo	positivo
GO	0.7596	positivo	positivo	positivo	positivo
MT	0.7546	positivo	positivo	positivo	positivo
MG	0.7278	positivo	positivo	positivo	positivo
RO	0.6530	positivo	positivo	positivo	positivo
RR	0.6282	positivo	positivo	positivo	positivo
AC	0.6279	positivo	positivo	positivo	positivo

TO	0.5900	positivo	positivo	positivo	positivo
AP	0.5780	positivo	positivo	positivo	negativo
RN	0.5426	positivo	negativo	positivo	negativo
SE	0.5389	positivo	negativo	positivo	negativo
AM	0.5360	positivo	negativo	positivo	negativo
PB	0.5144	positivo	negativo	positivo	negativo
PA	0.4997	positivo	negativo	positivo	negativo
BA	0.4848	positivo	negativo	positivo	negativo
PE	0.4709	positivo	negativo	positivo	negativo
PI	0.4566	positivo	negativo	positivo	negativo
CE	0.4549	positivo	negativo	positivo	negativo
AL	0.4227	positivo	negativo	positivo	negativo
MA	0.4017	positivo	negativo	positivo	Negativo

Fonte: Elaboração do Autor

Na Tabela V, os estados brasileiros estão ordenados do mais para o menos próximo à fronteira tecnológica. Os resultados apresentados, reforçam a teoria apresentada por Aghion *et al* (2005), de que estados mais próximos da fronteira tecnológica devem priorizar os incentivos nos níveis educacionais mais elevados e vice versa.

É importante observar também que quando a qualidade da educação foi inseria no modelo, os resultados se mantiveram coerentes aos estudos anteriores, apesar de pouco variar o poder explicativo do modelo inicial.

Por fim, todos os modelos apresentados contêm a variável *DF* defasada em um ano. Ou seja, representa a distância da fronteira tecnológica do ano anterior. Quanto mais próximo de zero o valor se apresentar, mais distante o estado está da fronteira e maior é a taxa de crescimento da renda per capita esperada. Quanto mais próximo de um, mais rico é o estado e menor a taxa de crescimento da renda per capita. Isso implica que o sinal esperado para os parâmetros associados a tal variável seja negativo. Sem exceção, em todas as regressões, os parâmetros associados à distância da fronteira se apresentaram estatisticamente significantes e negativos. Corroboram, portanto, a teoria de convergência para *steady state*.

Foram realizados testes semelhantes ao Modelo I e II, porém considerando o gasto real potencial com ensino, ao invés do gasto real efetivo. Os modelos III e IV seguem a mesma sintaxe, com a letra *p* indicando que o gasto se trata do potencial.

Modelo III: Gasto Potencial

$$Gy_{i,t} = k_0 + k_1 GFp_{i,t-4} + k_2 GMp_{i,t} + k_3 GSp_{i,t} + k_4 GFp_{i,t-4} DF_{i,t-4} + k_5 GMp_{i,t} DF_{i,t} + k_6 GSp_{i,t-1} DF_{i,t-1} + k_7 DF_{i,t-1} + k_8 I_i + k_9 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Tabela VI – Resultados da regressão apresentada no Modelo III
Variável Dependente: GY
Amostra (Ajustada): 2009 2011
Períodos Incluídos: 3
Cross-sections Incluídas: 26
Número de Observações no Painel: 78

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	t-Statistic	P-valor
C	100.8189	14.11739	7.141472	0.0000
GFP(-4)	0.010478	0.007159	1.463536	0.1506
GMP	-0.010697	0.004734	-2.259676	0.0290
GSP	-0.136912	0.073996	-1.850251	0.0712
GFP(-4)*DF(-4)	-0.017835	0.008345	-2.137327	0.0383
GMP*DF	0.019038	0.007282	2.614287	0.0123
GSP*DF	0.239859	0.125397	1.912793	0.0624
DF(-1)	-156.1003	21.55024	-7.243553	0.0000

Effects Specification

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

R-squared	0.710325	Mean dependent var	3.070503
Adjusted R-squared	0.481280	S.D. dependent var	4.865565
S.E. of regression	3.504288	Akaike info criterion	5.647779
Sum squared resid	528.0416	Schwarz criterion	6.705277
Log likelihood	-185.2634	Hannan-Quinn criter.	6.071115
F-statistic	3.101243	Durbin-Watson stat	2.316248
Prob(F-statistic)	0.000267		

Fonte: Elaboração do Autor

Quando comparado ao Modelo I, o gasto com ensino fundamental passa a não ter significância estatística. Em paralelo, o gasto com ensino superior e a interação do gasto com ensino superior com distância da fronteira passam a ter significância estatística. Pode-se, a exemplo do que foi feito no Modelo I calcular os *threshold*s para ensino médio e superior: 0,561876 e 0,570802, respectivamente. Quão mais próximo de 1, maior deve ser o investimento nos níveis mais alto de ensino. Os resultados estão em linha com a teoria, a exemplo do que aconteceu com os modelos I e II.

Modelo IV: Gasto Potencial e Qualidade do Ensino

$$Gy_{i,t} =$$
$$k_0 + k_1 GFp_{i,t-4} QF_{i,t-4} + k_2 GMp_{i,t-1} QM_{i,t} + k_3 GSp_{i,t} QS_{i,t} + k_4 GFp_{i,t-4} QF_{i,t-4} DF_{i,t-4} +$$
$$k_5 GMp_{i,t-1} QM_{i,t} DF_{i,t-1} + k_6 GSp_{i,t} QF_{i,t} DF_{i,t} + k_7 DF_{i,t-1} + k_8 I_i + k_9 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Tabela VII – Resultados da regressão apresentada no Modelo IV
Variável Dependente: GY
Amostra (Ajustada): 2009 2011
Períodos Incluídos: 3
Cross-sections Incluídas: 26
Número de Observações no Painel: 78

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	t-Statistic	P-valor
C	99.44178	14.03391	7.085820	0.0000
GFP(-4)*QF(-1)	0.002953	0.001990	1.483879	0.1451
GMP*QM	-0.003830	0.001360	-2.815660	0.0073
GSP*QS	-0.033671	0.021136	-1.593061	0.1185
GFP(-4)*QF(-1)*DF(-4)	-0.005480	0.002298	-2.384321	0.0216
GMP*QM*DF	0.006547	0.002091	3.130983	0.0031
GSP*QS*DF	0.060651	0.035453	1.710720	0.0943
DF(-1)	-150.8725	21.53221	-7.006827	0.0000

Effects Specification

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

R-squared	0.713997	Mean dependent var	3.070503
Adjusted R-squared	0.487855	S.D. dependent var	4.865565
S.E. of regression	3.482008	Akaike info criterion	5.635023
Sum squared resid	521.3484	Schwarz criterion	6.692520
Log likelihood	-184.7659	Hannan-Quinn criter.	6.058358
F-statistic	3.157293	Durbin-Watson stat	2.346628
Prob(F-statistic)	0.000219		

Fonte: Elaboração do Autor

Já no modelo IV, todas as variáveis possuem relevância estatística a 10%, com a exceção das interações entre gasto e qualidade para níveis fundamental e superior. É possível calcular o limite até o qual vale a pena investir no ensino médio, ou seja, 0,585001.

Assim como nos modelos I e II, os modelos III e IV reforçam os resultados do trabalho de Aghion *et al* (2005). Para os modelos I, II, III e IV, foram inseridas as variáveis relativas à qualidade de ensino nos três níveis estudados, isoladamente e sem interação com a fronteira tecnológica. Em todos os casos, as variáveis *QF*, *QM* e *QS*, relativas à qualidade do ensino fundamental, médio e superior, respectivamente, não apresentaram significância estatística a 10%. Além disso, mesmo com a inclusão das variáveis relativas a qualidade, as demais variáveis explicativas de cada modelo, mantiveram as significâncias e os sinais inicialmente observados.

Por último, o modelo V é a reprodução dos modelos I e III, porém utilizando os dados de qualidade da educação ao invés dos gastos com ensino. A especificação do modelo e os resultados estão abaixo.

Modelo V: Qualidade da educação

$$Gy_{i,t} = k_0 + k_1 QF_{i,t-1} + k_2 QMp_{i,t} + k_3 QSp_{i,t} + k_4 QF_{i,t-1} DF_{i,t-1} + k_5 QM_{i,t} DF_{i,t} + k_5 QS_{i,t} DF_{i,t} + k_6 DF_{i,t-1} + k_7 I_i + k_8 I_t + \varepsilon_{i,t}$$

Tabela VIII – Resultados da regressão apresentada no Modelo V

Variável Dependente: GY
Amostra (ajustada): 2006 2011
Períodos: 6
Cross-sections: 26
Número de Observações no Painel: 156

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	t-Statistic	p-valor
C	99.59881	18.00366	5.532143	0.0000
QF(-1)	-0.212115	5.214028	-0.040682	0.9676
QM	-20.56687	5.415796	-3.797570	0.0002
QS	-8.798525	4.398419	-2.000383	0.0478
QF(-1)*DF(-1)	0.243844	6.824405	0.035731	0.9716
QM*DF	31.39950	7.061413	4.446631	0.0000
QS*DF	14.23169	7.270679	1.957409	0.0527
DF(-1)	-151.2859	24.53606	-6.165857	0.0000

Effects Specification

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

R-squared	0.852506	Mean dependent var	5.075962
Adjusted R-squared	0.806258	S.D. dependent var	6.732128
S.E. of regression	2.963225	Akaike info criterion	5.218441
Sum squared resid	1036.123	Schwarz criterion	5.961355
Log likelihood	-369.0384	Hannan-Quinn criter.	5.520181
F-statistic	18.43329	Durbin-Watson stat	2.534602
Prob(F-statistic)	0.000000		

Fonte: Elaboração do Autor

Observa-se que para o último modelo, a qualidade do ensino fundamental perde significância. No entanto, tanto a qualidade do ensino médio, como a qualidade do ensino superior são estatisticamente significantes a 10% e apresentam sinais esperados. A qualidade

do ensino médio se mostra muito potente ao explicar o crescimento da renda per capita e exerce, mais uma vez, o mesmo papel que o ensino superior exerceu nos estudos de Pereira (2014) e Aghion et al (2005). O poder explicativo do modelo aumenta razoavelmente, quando comparado aos modelos I e III. No entanto, o número de observações duplicou em função das diferenças de defasagens adotadas.

6- CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi testar as hipóteses de Aghion *et al* (2005), de que estados mais próximos da fronteira tecnológica devem concentrar investimentos no ensino superior, e estados mais distantes da fronteira devem investir nos níveis mais básicos de ensino. Além disso, buscou-se verificar se a robustez do modelo se mantinha quando inseridos dados relativos à qualidade da educação para três níveis de ensino.

Foram rodadas regressões nas quais a variável independente era a taxa de crescimento da renda real per capita e as variáveis explicativas eram o gasto real com cada nível de ensino por aluno efetivo e suas respectivas interações com a distância da fronteira. Em seguida, incorporou-se os dados relativos a qualidade da educação. Por fim, todos os testes foram refeitos, porém utilizando o gasto por aluno potencial, ao invés de aluno efetivamente matriculado. O diferencial do presente trabalho é considerar três níveis de ensino (fundamental, médio e superior), além da inclusão dos dados de qualidade do ensino, também para cada nível escolar.

Os resultados apresentados estão dentro do esperado do ponto de vista teórico, conforme resultados de Aghion *et al* (2005) e Pereira (2014). Além disso, foi possível calcular a distância da fronteira até a qual vale investir em cada nível de ensino, ou seja, há um *threshold* para o investimento em cada nível de ensino, sempre localizado entre a distância mínima e máxima da fronteira tecnológica, que mostra até que distancia da fronteira um estado deve estar para que a decisão de se investir em determinado nível de ensino seja ótima do ponto de vista econômico.

Pelas dificuldades de se escolher instrumentos confiáveis para combater o possível problema de endogeneidade entre educação e crescimento econômico, foi considerada verdadeira a hipótese de que existem erros de alocação dos investimentos educacionais nos estados e que ocorrem de maneira aleatória.

Também foram testados modelos com apenas os indicadores de qualidade como variáveis explicativas, através do método de OLS. Os resultados por sua vez se apresentaram na mesma direção dos resultados de Aghion et al. Quando se utiliza apenas a qualidade da educação como proxy para o capital humano, ensino fundamental perde significância estatística, ao passo que os níveis médio e superior possuem significância estatística e sinais dentro do esperado, ambos exercendo o papel que o ensino superior exerceu no trabalho de Aghion et al.

Foram feitos testes nos quais o gasto com ensino serviu de variável instrumental para qualidade, em modelos estimados através de 2SLS (Two Stage Least Squares) e através de GMM (Generalized Method of Moments), mas os resultados não geraram estimadores com significância estatística.

Por fim, para próximos estudos, pode-se explorar melhor a questão da insignificância estatística apresentada pelo ensino superior na maioria das regressões estimadas. Um estudo que talvez faça sentido é um painel entre países, considerando apenas o gasto e a qualidade do ensino superior e suas respectivas interações com a distância da fronteira tecnológica mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aghion, P.; L. Boustan; C. Hoxby; Vandenbussche, J. (2005). Exploiting States' Mistakes to Identify the Causal Impact of Higher Education on Growth, NBER conference paper,

Barro, R.; Lee, J. (1993). International Comparisons of Educational Attainment, NBER Working Paper nº 4349. Journal of Monetary Economics, Vol. 32, no. 3, pp. 363-394.

Bils, M.; Klenow P. (2000). Does Schooling Cause Growth?, American Economic Review, 90, pp. 1160-1183.

Hanushek, E.; Kimko, D. (2000). Schooling, Labor-Force Qualiaty, and the Growth of Nations. The American Economic Review, Vol. 90, No.5 pp.1184-1208

Islam, N. (1995). Growth Empirics: a Panel Data Aproach. The Quartely Journal of Economics, Vol. 110, No. 4, pp 1127-1170

Judson, R. (1998). Economic Growth and Investment in Education: How Allocation Matters, Journal of Economic Growth. 3, pp. 337-359.

Laabas, B.; Kazzak, W.A. (2001) Economic Growth and The Quality of Human Capital, Arab Planning Institute

Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development, Journal of Monetary Economics, 22, pp. 3-42.

Mankiw, G.; Romer, D.; Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth, Quarterly Journal of Economics, 107, pp. 407-438.

Nakabashi, L.; Figueiredo, L. (2008). Mensurando os Impactos Diretos e Indiretos do Capital Humano sobre o Crescimento, Economia Aplicada [online], Vol. 12, No. 1, pp. 151-171.

Nakabashi, L.; Salvato, M. (2007). Human Capital Quality in the Brazilian States, EconomiA, Bras´ılia(DF), v.8, n.2, p.211–229.

Pereira, G. (2014). A Alocação dos Gastos Públicos em Educação Importa? Uma Análise para os Estados Brasileiros, Dissertação de Mestrado Profissional em Economia – Insper.

Selowsky, M. (1969). On the Measurement of Education's Contribution to Growth, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 83, No. 3, pp. 449-463.

Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94

Veloni, R. (2008). Alocação Ótima de Recursos Entre Ensinos Fundamental, Médio e Superior no Brasil, Dissertação de Mestrado Profissional em Economia – Insper.

DISSERTAÇÃO: Qualidade da Educação e Crescimento Econômico. Uma Abordagem entre Estados Brasileiros.

Mestrando: Victor Eduardo Braga Luz

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Correia de Souza