

## O crescimento econômico da América Latina: uma análise com dados em painel<sup>1</sup>

Matheus Melo Wiermann e Silva

Mestrando em Economia na linha de Desenvolvimento Econômico Regional (Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus Toledo). E-mail: matheus.silva68@gmail.com

Rosangela Maria Pontili

Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Unioeste-Campus de Toledo. É docente do curso de Ciências Econômicas da Unioeste - Campus de Cascavel e professora efetiva no Programa de Pós-Graduação em Economia (PGE) - nível de mestrado. E-mail: rosangela.pontili@unioeste.br

### RESUMO

Este estudo explora o desenvolvimento teórico dos modelos macroeconômicos de crescimento visando a medir o ajuste do crescimento econômico dos países da América Latina em relação ao Modelo de Solow Expandido. Nos valem de uma estimação econométrica com dados em painel para fazer tal testagem tendo como amostra os países da América Latina para o período de 2011 a 2017. Os resultados parecem indicar que a variável selecionada como *proxy* para o acúmulo de capital físico não explica a variação do PIB *per capita* dos países latino-americanos no período analisado. Além disso, o acúmulo de capital humano foi significativa, porém teve um efeito negativo sobre a geração de riqueza. Tais resultados contradizem a solução do Modelo de Solow Expandido, uma disparidade que pode ser explicada pelo desenvolvimento institucional da maior parte dos países da América Latina.

**Palavras-chave:** crescimento econômico; PIB *per capita*; Modelo de Solow; instituições; dados em painel.

## Economic growth in Latin America: an analysis with panel data

### ABSTRACT

This study explores the theoretical development of macroeconomic growth models to measure how well the economic growth in Latin American countries fits the Augmented Solow Model. We made use of an econometric estimation using panel data to carry out such testing with a sample of Latin American countries corresponding to the period from 2011 to 2017. The results seem to indicate that the variable selected as a proxy for the accumulation of physical capital does not explain the variations in *per capita* GDP of the Latin American countries in the analyzed period. In addition to that, the accumulation of human capital was significant, but had a negative effect on wealth generation. Such results contradict the solution of the Augmented Solow Model, a disparity which can be explained by the institutional development of most of the Latin American countries.

**Keywords:** economic growth; *per capita* GDP; Solow Model; institutions; panel data.

---

<sup>1</sup> Este artigo é publicado pelo sistema *Fast Track* com o X Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas (X CONAPE).

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial, processo iniciado no século XVIII, a população mundial, o escopo dos investimentos em capital, e a expansão dos sistemas educacionais cresceram a ponto de alcançar patamares sem precedentes, fenômeno que não passou despercebido pelos teóricos das mais diversas áreas do conhecimento. Uma série de debates acerca da relação entre estas variáveis e o enriquecimento dos países foram conduzidos, acrescentando à investigação recursos epistemológicos importantes, tanto do lado dedutivo e praxiológico de autores como Mises (2010) quanto do empirismo econométrico de estudiosos como Mankiw, Romer e Weil (1992). Desta forma, o pesquisador contemporâneo tem a seu dispor uma grande diversidade de abordagens possíveis para lidar com problemas relevantes acerca da relação entre o ser humano e seu meio.

Tem-se, ainda, as formulações recentes de políticas governamentais no sentido de controlar o crescimento populacional, visando a combater desafios previdenciários e sociais decorrentes do envelhecimento da população. Além disso, buscam-se formas mais eficientes de investir em capitais físico e humano para gerar crescimento e melhorias na qualidade de vida dos povos. Assim, é necessário dar continuidade a pesquisas que usem dos instrumentais disponíveis para formular teorias, testar hipóteses e buscar respostas para as questões socioeconômicas enfrentadas pelos estudiosos e líderes do século XXI, sejam eles membros do Estado ou da sociedade civil.

O presente trabalho visou contribuir para o debate apresentado testando o arcabouço teórico dos modelos de crescimento econômico desenvolvidos por Harrod (1948) e Domar (1947), Solow (1956), Mankiw, Romer e Weil (1992). Para tanto, usou-se a medição econométrica de dados em painel, fazendo-se a estimação a partir de dados do Banco Mundial e analisando os resultados à luz da teoria econômica. Mediu-se, assim, o efeito do crescimento populacional, da formação de capital físico e da formação de capital humano sobre o crescimento econômico dos países da América Latina.

Na seção 'Referencial Teórico', traçou-se uma breve trajetória dos modelos de crescimento para então expor o Modelo de Solow Expandido. Em 'Metodologia e dados', foi explicada a metodologia de análise econométrica utilizada, bem como o

teste estatístico utilizado para escolher o método de estimação mais adequado para a base de dados montada. Também foram apresentadas nesta seção as definições e métodos de cálculo das variáveis dependente e independentes utilizadas, além das justificativas para o seu uso no estudo. Em seguida, apresentou-se a base de dados montada a partir do material disponibilizado pelo Banco Mundial, bem como o processo de seleção amostral utilizado na pesquisa.

Na seção 'Resultados' apresentaram-se os resultados obtidos com a base de dados e a metodologia econométrica escolhidas, bem como a análise dos resultados empíricos à luz do arcabouço teórico desenvolvido ao longo da pesquisa. Por fim, tem-se as considerações finais acerca dos resultados obtidos em relação aos objetivos da pesquisa, bem como suas implicações para que estudiosos e tomadores de decisão possam dar continuidade ao debate e aplicar as descobertas alcançadas nas situações concretas enfrentadas por eles.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O advento da análise macroeconômica e de uma disponibilidade sem precedentes de dados foram ambos fatores determinantes para os debates que ocorreriam no campo da Ciência Econômica ao longo do Século XX, dentre os quais cabe destacar o desenvolvimento dos modelos de crescimento. Tal desenvolvimento, como relatado por Solow (1994), teve seu início formal com a criação, por Harrod (1948) e Domar (1947), de um modelo que explicasse as variações nas taxas de crescimento dos diferentes países a partir das premissas fundamentais da teoria keynesiana. O debate dizia respeito, principalmente, às relações de proporcionalidade entre o nível de produto agregado com o estoque de capital, como também entre os níveis de poupança e investimento com os de produto e renda, além do investimento em relação ao estoque de capital. A solução de tal modelo expôs, matematicamente, a tese keynesiana de que maiores taxas de poupança e produtividades marginais do capital, bem como menores depreciações deste, resultariam em maiores taxas de crescimento, porém sem a possibilidade de um crescimento estável ou um pleno-emprego como previsto pela teoria clássica.

Solow (1956) se contrapôs às conclusões do modelo Harrod-Domar e, dentro do contexto da chamada Síntese Neoclássica, propôs um modelo que levava

em conta tanto o capital físico como o capital humano na função de produção das economias, além de fatores exógenos, como a taxa de crescimento populacional. Partindo da criação de uma única *commodity* que define o nível de produção, em dado momento, como sendo  $Y(t)$ , supõe-se que parte do que é produzido é consumido, parte é poupada. A parcela do produto que se destina à poupança é representada por uma constante,  $s$ , de forma que a taxa de poupança seja  $sY(t)$ , enquanto o estoque de capital disponível,  $K(t)$ , assume a forma de uma acumulação da *commodity*. Sendo assim, o nível de investimento resultante é a taxa de crescimento do estoque de capital em relação ao tempo,  $\frac{dK}{dt}$  ou  $\dot{K}$ , de forma que é possível obter a identidade  $\dot{K} = sY$  para todo instante no tempo. A partir de uma função de produção contendo os insumos capital físico e mão de obra, o nível de produto pode ser representado como uma função de ambos em  $Y = F(K, L)$

Como Solow (1956) assume retornos constantes de escala, a função de produção é homogênea e de primeiro grau, de forma que não há no modelo um recurso escasso e inexpandível como terra (o que resultaria em retornos decrescentes de escala para capital e mão de obra). Desenvolvendo o modelo, a taxa de crescimento do estoque de capital em função do produto é,  $\dot{K} = sF(K, L)$ . Uma vez que o crescimento populacional é um fator exógeno, o estoque de mão de obra aumenta a uma taxa constante  $n$ , e, portanto, pode ser representado pela função  $L(t) = L_0 e^{nt}$ , que se insere na função de acúmulo de capital da seguinte forma:

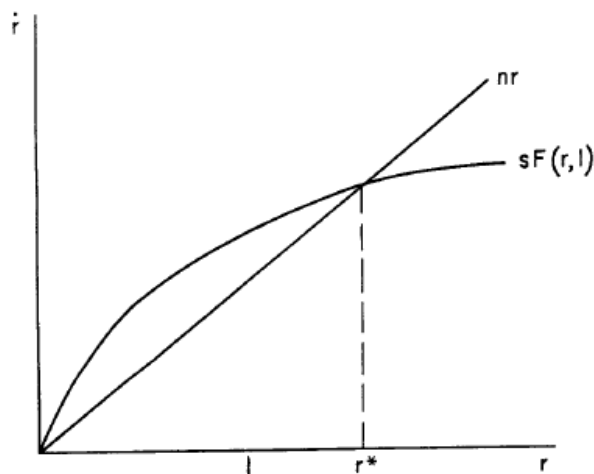
$$\dot{K} = sF(K, L_0 e^{nt}) \quad 1)$$

A equação 1 indica o acúmulo de capital supondo pleno emprego da mão de obra disponível. No entanto, para solucionar o modelo sem especificar uma forma exata para a função de produção, faz-se necessária a criação de uma nova variável  $r = \frac{K}{L}$ , a qual corresponde à razão capital/mão de obra, fazendo com que o estoque de capital em dado momento de tempo seja  $K = rL = rL_0 e^{nt}$ , que ao ser diferenciada em relação ao tempo torna possível obter  $\dot{K} = L_0 e^{nt} \dot{r} + nrL_0 e^{nt}$ . Substituindo  $\dot{K}$  na equação 1 e solucionando para  $\dot{r}$ , obtém-se a taxa de crescimento da razão capital/mão de obra, dada por

$$\dot{r} = sF(r, 1) - n \quad 2)$$

O resultado do modelo para a taxa de crescimento da razão capital/mão de obra permite auferir que ela corresponde à diferença entre incrementos no capital e na mão de obra, respectivamente. Quando  $\dot{r} = 0$ , a razão capital/mão de obra é uma constante e o estoque de capital precisa estar se expandindo à mesma taxa que a mão de obra  $n$ . A solução do Modelo de Solow pode ser expressa graficamente da forma mostrada pela Figura 1.

**Figura 1 – Solução gráfica do modelo de Solow**



Fonte: Solow (1956, p. 6)

O equilíbrio obtido no modelo formulado por Solow (1956) permite concluir que, sob os pressupostos neoclássicos, a produção de um país gera uma economia que cresce a uma taxa natural dentro de um sistema ajustável a quaisquer taxas de crescimento populacional que o afetarem, com o crescimento populacional afetando negativamente o crescimento da razão capital/mão de obra e, conseqüentemente, o PIB *per capita* do país. Dentro deste modelo, avanços tecnológicos elevam a taxa de crescimento da economia rumo ao equilíbrio de longo prazo, porém tais avanços são uma variável exógena. Isto foi visto por autores posteriores como uma lacuna teórica a ser solucionada por outros modelos que explicassem a origem de tais avanços dentro do modelo neoclássico.

Dentre tais autores, Lucas (1988) e Romer (1990) endogeneizaram o fator tecnológico dentro do modelo, acrescentando uma variável de acumulação de capital humano. Para Romer (1990), o acúmulo de capital humano leva à geração de ideias, a qual é caracterizada por ser um bem não-rival e parcialmente excludente, capaz de estimular as inovações tecnológicas e, conseqüentemente, um maior crescimento econômico. A conclusão alcançada a partir do processo descrito seria de que uma grande população, por si só, não bastaria para gerar crescimento. A partir de tais desenvolvimentos, Mankiw, Romer e Weil (1992) elaboraram uma versão expandida do modelo de Solow que inclui a acumulação de capital humano dentre as variáveis independentes, tomando a seguinte equação como base:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t)L(t))^{1-\alpha-\beta} \quad 0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1 \quad 3)$$

Assumindo exogenidade das taxas de poupança, crescimento populacional e progresso tecnológico, a equação-base do Modelo de Solow Expandido parte de dois fatores de produção - capital e mão de obra - interagindo em uma função do tipo Cobb-Douglas que determina o nível de produção em um dado momento  $t$ .  $Y$  é o produto da economia,  $K$  o capital físico,  $L$  a mão de obra,  $A$  o nível de progresso tecnológico, e  $H$  o estoque de capital humano. Assume-se que  $L$  e  $A$  crescem de maneira exógena às taxas  $n$  e  $g$ , de forma que  $L(t) = L(0)e^{nt}$  e  $A(t) = A(0)e^{gt}$ , indicando que o número de unidades de mão de obra efetiva,  $A(t)L(t)$ , cresce à taxa  $n + g$ .

O modelo também assume que uma parcela constante do produto,  $s_k$ , é investida em capital físico, e outra parcela,  $s_h$ , é investida em capital humano. Tendo  $k$  como a razão do estoque de capital por unidade efetiva de mão de obra, ou  $k = \frac{K}{AL}$ , e  $y$  como a razão do nível de produto por unidade efetiva de mão de obra,  $y = \frac{Y}{AL}$ , a trajetória das razões  $k$  e  $h$  é regida pelas relações  $k'(t) = s_y y(t) - (n + g + \delta)k(t)$  e  $\dot{h}(t) = s_h y(t) - (n + g + \delta)h(t)$ , com  $\delta$  denotando a taxa de depreciação, e  $h = \frac{H}{AL}$ .

Outras hipóteses inclusas no modelo são que a mesma função de produção se aplica aos capitais humano e físico, bem como ao consumo, e que o capital humano se deprecia à mesma taxa que o físico. Além disso, os expoentes dos fatores de produção têm uma relação restrita a  $\alpha + \beta < 1$ , de forma que há retornos

decréscientes de escala. As soluções de longo prazo  $k^*$  e  $h^*$ , podem ser

$$\text{representadas por } k^* = \left[ \frac{s_k^{1-\beta} s_h^\beta}{(n+g+\delta)} \right]^{\frac{1}{(1-\alpha-\beta)}} \text{ e } h^* = \left[ \frac{s_k^\alpha s_h^{1-\alpha}}{(n+g+\delta)} \right]^{\frac{1}{(1-\alpha-\beta)}}.$$

O resultado do modelo mostra que as proporções entre os capitais físico e humano, em relação ao estoque de mão de obra de longo prazo, sofrem um efeito positivo de maiores taxas de poupança alocadas nestes dois fatores de produção, e um efeito negativo da taxa de crescimento populacional. Após substituir  $k^*$  e  $h^*$  na função de produção inicial e aplicando logaritmos em ambos os lados, é possível obter a variação percentual da renda *per capita* de longo prazo em relação às demais variáveis que compõem o modelo, representada pela equação 4:

$$\ln \left[ \frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt - \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n + g + \delta) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_h) \quad 4)$$

Esta especificação do Modelo de Solow Expandido tende a ser mais adequada para comparar países de população e renda muito díspares entre si do que a versão de variáveis brutas, uma vez que analisa em termos de variação percentual. Um estudo comparativo conduzido por Bernanke e Gürkaynak (2002) com dados do *Penn World Tables* utilizou o período de 1960 a 1995, englobando uma década a mais do que a utilizada por Mankiw, Romer e Weil (1992), para determinar se a versão expandida do Modelo de Solow seria de fato mais adequada que a especificação original.

Como no estudo original, a amostragem foi separada em três grupos: países não-produtores de petróleo para os quais há disponibilidade total de dados, países não-produtores de petróleo que receberam nota D na construção da base de dados montada por Summers e Heston (1988), ou cuja população é de menos de um milhão, e países membros da OCDE cuja população é maior que um milhão. A análise de robustez e os testes das premissas de cada modelo deram, ao fim da pesquisa, embasamento empírico para afirmar que a expansão do Modelo de Solow é mais adequada que o modelo original. A especificação expandida explicaria consideravelmente mais as oscilações da variável dependente devido a sua medição ter obtido  $R^2$  maiores para os três grupos amostrais.

### 3 METODOLOGIA E DADOS

#### 3.1 MODELO ECONÔMICO

Para o desenvolvimento da análise empírica proposta, optou-se pelo modelo econômico abaixo descrito:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \beta_3 x_{3it} + \varepsilon_{it}$$

5)

onde:

$y_{it}$  é a variável dependente, representada pelo PIB *per capita* nacional do país  $i$  no tempo  $t$ , em dólares de 2020;

$x_{1it}$  é a População Total do país  $i$  no tempo  $t$ ,

$x_{2it}$  é a Formação Bruta de Capital Físico do país  $i$  no tempo  $t$  como porcentagem do PIB;

$x_{3it}$  é a Taxa Líquida de Matrícula do país  $i$  no tempo  $t$ ,

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  e  $\beta_3$  são os parâmetros a serem estimados no modelo;

$\varepsilon_{it}$  é o termo de perturbação estocástica do modelo, que segue as pressuposições usuais.

Estas variáveis exercem nesta pesquisa a função de *proxies* das variáveis de crescimento populacional, estoque de capital físico e acúmulo de capital humano dentro do Modelo de Solow Expandido exposto anteriormente.

A escolha da variável dependente a ser analisada, o PIB *per capita* em dólares de 2020, deve-se não somente ao modelo-base escolhido, como por ser a variável mais comumente usada pelos relatórios de desenvolvimento econômico mundiais para medir quanto da produção total de uma dada economia caberia a cada cidadão daquele país se a riqueza produzida fosse distribuída igualmente. Ainda que o PIB *per capita* tenha como fraqueza o fato de não levar em conta a desigualdade de renda (que pode ser medida pelo Índice de Gini, por exemplo), sua importância para os estudos de desenvolvimento econômico permanece tanto por sua simplicidade de cálculo como por servir de *proxy* para o crescimento econômico de um dado país, seguindo autores como Mankiw, Romer e Weil (1992).

A variável População Total foi escolhida no lugar da População adulta total, que calcula o número total estimado de habitantes com mais de 18 anos em um



dados país, não apenas por esta ser a *proxy* utilizada pelo Modelo de Solow Expandido. A escolha também se justifica porque o presente estudo visa analisar como o PIB *per capita* varia em resposta a oscilações em variáveis que abarcam a população como um todo. Adicionalmente, usar a População adulta total no lugar da População Total poderia acabar superestimando o crescimento do PIB *per capita* na estimação do modelo, à medida que a População adulta total de determinado país é necessariamente menor que a População Total.

O estudo de Klasen e Lawson (2007) com dados em painel usando os modelos Harrod-Domar e de Solow acerca do efeito do elevado crescimento populacional de Uganda sobre a renda *per capita*, bem como a pesquisa de Sibe, Chiatchoua e Megne (2016) sobre a relação entre crescimento populacional e a renda *per capita* dos 30 países mais habitados do mundo, também com dados em painel, corroboram com a escolha desta variável para esta pesquisa.

A escolha da variável Formação Bruta de Capital Físico como porcentagem do PIB se deve, principalmente, ao padrão estabelecido pelo Modelo de Solow Expandido. Além disso, há uma maior disponibilidade de dados desta variável se comparada à taxa de poupança dos países, a qual também serviria de *proxy* para o grau de investimento das economias dos países, partindo-se do pressuposto de que todos os recursos poupados seriam alocados em investimentos, como no trabalho de Das (2013).

Cançado (2005) também conduziu um estudo acerca dos determinantes do crescimento das economias latino-americanas, similarmente usando o PIB *per capita* como *proxy* para o crescimento econômico e o nível de PIB *per capita* tangível como *proxy* para o estoque de capital físico. Esta, denominada pelo autor de “taxa de investimento”, refere-se à razão entre o investimento doméstico bruto em ativos tangíveis em relação ao PIB real, baseando-se na estrutura de modelagem montada por Barro e Sala-i-Martin (1999).

O motivo principal para a escolha da Formação Bruta de Capital Físico como porcentagem do PIB ao invés da Formação Bruta de Capital Físico em termos monetários reside na disparidade de tamanho dos mercados das nações. Neste caso, o modelo poderia superestimar o grau de investimento de países territorial e populacionalmente maiores, cuja formação bruta de capital físico é maior se comparados a países menores, enquanto sua formação bruta de capital em relação

ao PIB pode vir a ser menor.

A Taxa Líquida de Matrícula serve de *proxy* para a Acumulação de capital humano, à medida que é uma estimativa da razão entre as crianças em idade escolar que estão matriculadas na escola e a população total da idade escolar correspondente. A escolha da educação primária deve-se ao fato dela fornecer aos estudantes habilidades básicas de leitura, escrita e matemática, em conjunto com compreensões elementares de história, ciências naturais, geografia, ciências sociais, artes e música. Das (2013) utilizou a porcentagem da população economicamente ativa que tem ao menos ensino secundário completo, nível de escolaridade equivalente a ter um ensino médio completo no Brasil, como *proxy* para o acúmulo de capital humano.

Mankiw, Romer e Weil (1992), Caselli *et al.* (1996) e Bond *et al.* (2001) utilizaram a taxa de matrícula neste mesmo nível de escolaridade, Das (2013) usou a porcentagem de pessoas entre 15 e 64 anos que tinham ensino secundário completo. Outra diferença foi que este autor se valeu de dados do Banco Mundial ao invés do *Penn World Table* para conduzir sua estimação em painel com 20 países membros da OCDE para o período de 1971 a 2011.

Um tipo alternativo de *proxy* para estimar o acúmulo de capital humano de um dado país é o uso de variáveis que calculem a escolaridade por quantidade total de anos de estudo, como fizeram Cangussu, Salvato e Nakabashi (2010), ou que levem em conta a média de anos de estudo, usada por Antunes (2010). Um problema de viés na escolha de variáveis deste tipo é que apenas os anos de estudo não captam o desempenho dos alunos que têm o nível de escolaridade usado como referência, uma vez que o tempo médio de conclusão de etapas específicas do sistema de educação formal pode variar de indivíduo para indivíduo. Variáveis em termos percentuais, por outro lado, podem captar a procura das famílias por educação formal, ou a eficácia das autoridades em cumprir normas de educação compulsória, porém carecem de um insumo que meça a qualidade do sistema educacional de cada país.

Outro motivo para a escolha da Taxa Líquida ao invés da Taxa Bruta de Matrícula, a qual mede o total de estudantes matriculados sem levar em conta a população total daquela faixa etária correspondente, também se justifica no diferencial populacional entre os países. Um país cuja população é maior pode

acabar apresentando maior Taxa bruta de Matrícula, porém menor Taxa Líquida de Matrícula, o que geraria um problema de superestimação dentro do modelo.

### 3.2 MODELO ECONOMÉTRICO

Para a estimativa do modelo econométrico foi eleita a técnica de dados em painel. Segundo Eom, Lee e Xu (2007), a medição por dados em painel consiste em uma técnica de estimação para uma base de dados cuja composição fornece medições seriais de uma certa quantidade de variáveis distribuídas em um dado período, como as características de países para um certo período. A estimação por dados em painel é um método muito adequado para análises econômico-demográficas, com a vantagem adicional de que tal combinação proporcionada por ela permite uma melhor medição dos efeitos da mudança analisada do que com o corte transversal ou a série temporal isoladamente.

Três maneiras alternativas de conduzir a estimação com dados em painel são: o modelo de dados agrupados, que se utiliza do método de mínimos quadrados ordinários, a abordagem de efeitos fixos e a abordagem de efeitos aleatórios. A estimativa dos parâmetros pelo método dos mínimos quadrados ordinários consiste na aplicação da Equação 5, o que é feito assumindo que a estrutura dos dados não afeta os pressupostos usuais de um modelo de regressão, dentre eles a hipótese de homoscedasticidade e a ausência de autocorrelação serial. Assim, agrupa-se os dados e calcula-se o modelo de regressão como uma regressão multivariada usual.

O modelo de efeitos fixos tem suas equações correspondentes a cada unidade de corte transversal da amostra, seguindo o modelo de regressão dado na Equação 6:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \beta_2 x_{2it} + \beta_3 x_{3it} + e_{it} \quad 6)$$

Na abordagem com efeitos aleatórios, na qual o intercepto representa um valor médio em relação aos demais interceptos das regressões individuais, com seu erro correspondendo ao desvio dos interceptos individuais em relação ao médio, o modelo de regressão corresponde à Equação 7:

$$y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 x_{1it} + \beta_3 x_{2it} + \beta_4 x_{3it} + e_{it} \quad 7)$$

A fim de averiguar qual a abordagem mais adequada, faz-se necessário compará-las, a partir de testes de hipóteses que analisem a razoabilidade de suas premissas individuais, para em seguida hierarquizá-las segundo os resultados obtidos nos testes. Para comparar o modelo de dados agrupados com o de efeitos fixos, por exemplo, o pesquisador pode se valer do teste de Chow (1960), comumente utilizado em análises que levam em conta o fator tempo para tomar a decisão entre usar apenas uma regressão para todo um período ou dividi-lo em duas regressões distintas.

O processo para fazer este teste consiste em estimar o modelo de dados agrupados, em seguida dividir a amostra em dois subperíodos “T1” e “T2”, para então estimar os modelos individuais de cada subperíodo. A estatística de teste a ser usada segue uma distribuição F com  $n_1 + n_2 - 2k$  graus de liberdade, onde “ $n_1$ ” e “ $n_2$ ” se referem às amostras dos subperíodos e “ $k$ ” é o número de parâmetros de cada modelo, e assume a forma  $F = \frac{SQR_{agrupado} - (SQR_1 + SQR_2)}{\frac{(SQR_1 + SQR_2)}{n_1 + n_2 - 2k}}$ . Nesta fórmula, “SQR” é a Soma dos Quadrados dos Resíduos do modelo correspondente.

Para escolher entre o modelo de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios, a maneira mais comumente usada na literatura é o teste de Hausman (1978), cuja estatística de teste, a estatística  $m$ , é dada por  $m = (\beta_{EF} - \beta_{EA})' (S_{\beta_{EF}} - S_{\beta_{EA}})^{-1} (\beta_{EF} - \beta_{EA})$ , a qual tem uma distribuição  $\chi^2$  com  $k$  graus de liberdade. Para comparar quão adequado o modelo de dados agrupados é em relação ao de efeitos aleatórios, pode-se utilizar o Teste Breusch-Pagan, como explicado por Gujarati e Porter (2011). Segundo Duarte, Lamounier e Takamatsu (2007), o Teste Breusch-Pagan segue uma distribuição  $\chi^2$  com 1 grau de liberdade e apresenta a seguinte estatística de teste, baseada no multiplicador de Lagrange, no qual “T” representa o

número de variáveis dependentes:  $LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{t=1}^T e_{it})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2$ .

### 3.3 BANCO DE DADOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados do Banco Mundial, o qual fornece dados socioeconômicos dos países selecionados, e que foram coletados em agosto de 2022 correspondentes ao período de 2011 a 2017. A escolha deste período deveu-se à disponibilidade de dados para a variável Taxa

líquida de matrícula, a qual apresentou muitos dados faltantes, o que dificultou a tarefa de encontrar um período sem quebras na disponibilidade de dados. Outro motivo residiu na necessidade, dentro do contexto da estimação econométrica, de evitar ao máximo o efeito de choques externos, como a Crise de 2008 e a pandemia da COVID-19, pois tais choques geraram problemas de subestimação, principalmente na medição de variáveis de atividade econômica como o PIB *per capita*.

A amostra inicial abrangia todos os 26 países da América Latina. Porém, durante o processo de construção da base de dados, foi necessário remover 11 países da amostra inicial pelos motivos listados:

- Guadalupe, Guiana Francesa, Martinique e São Bartolomeu não estavam listados na base de dados do Banco Mundial;
- Havia dados acerca da Taxa líquida de matrícula do Haiti e da Nicarágua somente até os anos de 1987 e 2010, respectivamente;
- No caso da Taxa líquida de matrícula do Paraguai, havia dados somente para dois anos do período analisado;
- Não havia dados para a Taxa líquida de matrícula de São Martinho;
- Panamá e Porto Rico apresentaram dados de Taxa líquida de matrícula incompletos, faltando o dado de 2016 no caso do Panamá, e de 2017 no caso de Porto Rico. Uma solução alternativa para não remover os dois países seria encurtar o período de análise em dois anos e fazer a estimação apenas com dados de 2011 a 2015. No entanto, tal solução reduziria o tamanho da amostra em um número maior de observações do que simplesmente remover os dois países. Portanto, julgou-se mais apropriado remover os dois países em questão ao invés de encurtar o período de análise a fim de obter um maior número de observações e, conseqüentemente, mais graus de liberdade, o que, por sua vez, reduziu a variância da amostra e tornou o modelo mais preciso;
- Os dados do PIB *per capita* da Venezuela estavam disponíveis somente até 2014.

Ao todo, obteve-se 7 observações com 15 países, totalizando uma amostra de 105 observações.

#### 4 RESULTADOS

As Tabelas A1, A2 e A3 mostram, respectivamente, os resultados para as estimativas dos parâmetros aplicando-se os métodos propostos para esta pesquisa (Modelo de dados agrupados, Modelo de efeitos fixos e Modelo de efeitos aleatórios). A partir dos resultados obtidos pelo *software* Stata pelas estimações dos modelos em painel utilizados, o Teste de Chow (Tabela A4) indicou ausência de igualdade entre os interceptos e inclinações das diferentes regressões individuais, de forma que usar o modelo de dados agrupados significaria conduzir a medição com um modelo mal especificado. Ou seja, o teste executado sugere que o modelo de efeitos fixos é preferível ao modelo de dados agrupados.

O Teste de Hausman (Tabela A5) permitiu rejeitar a hipótese nula de diferença não-sistemática entre os coeficientes. Dessa forma, o modelo de efeitos fixos parece preferível ao de efeitos aleatórios para esta medição. Por fim, o Teste Breusch-Pagan (Tabela A6) permitiu inferir que o modelo de efeitos aleatórios é preferível ao de dados agrupados, pois com ele rejeita-se a hipótese nula de ausência de efeitos aleatórios.

A partir dos testes de hipótese, os três modelos utilizados na medição podem ser hierarquizados da seguinte forma: o modelo de efeitos fixos é mais adequado que os modelos de dados agrupados e de efeitos aleatórios; e o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado que o de dados agrupados. Logo, o modelo de efeitos fixos é o mais adequado para medir a relação entre as variáveis escolhidas a partir da base de dados montada. Os resultados para a estimação do modelo de efeitos fixos com erros-padrão robustos para os 15 grupos de variáveis separadas por país estão expostos na Tabela 1.

**Tabela 1 – Resultados do modelo de efeitos fixos com erros-padrão robustos**

Variáveis	Coefficiente	Erro-Padrão	$p >  t $
populao	-0,000276	0,0000958	0,012
capitalf	-16,67402	112,7782	0,885
capitalh	-91,47913	39,33849	0,036
_cons	27.051,1	6.112,649	0,001

Fonte: elaborado pelos autores

Os p-valores calculados indicam que as variáveis referentes ao crescimento populacional e acúmulo de capital humano são estatisticamente significativas para a amostra analisada. Os coeficientes indicam que o crescimento populacional tem um efeito negativo sobre o PIB *per capita*, o que está alinhado com a teoria do modelo base, porém o acúmulo de capital humano teve um efeito negativo. A variável de acúmulo de capital fixo foi estatisticamente insignificante e com um efeito negativo sobre o PIB *per capita*, o que também se opõe à teoria do Modelo de Solow Expandido. A *proxy* escolhida para o acúmulo de capital humano foi significativa, porém com um efeito negativo sobre o PIB *per capita* também.

Os resultados obtidos para as variáveis de capital físico e humano podem ser explicados, por um lado, pela relação entre as duas variáveis e pelo cenário institucional dos países da América Latina. Como expõem Ahumada e Villarreal (2020), aumentos no estoque de capital físico tendem a ser mais efetivos com relação ao crescimento do PIB *per capita* em países desenvolvidos, cuja formação de capital humano tende a ser maior. Uma vez que a maior parte América Latina é composta por países em desenvolvimento cujos níveis educacionais estão abaixo da média dos países desenvolvidos, segundo dados do PISA (2019), os resultados parecem corroborar com a tese dos autores, de que é necessário haver certo nível mínimo de formação de capital humano para que o acúmulo de capital físico seja efetivo na geração de riqueza. Os resultados obtidos parecem indicar que, quando há acúmulo de capital físico sem que haja um estoque de capital humano adequado para utilizá-lo, seu efeito sobre a geração de riqueza é irrelevante.

Uma possível explicação para o efeito negativo da formação de capital humano está nas evidências históricas sobre a formação institucional da América Latina. Como explicam Acemoglu e Robinson (2012), o cenário institucional é fator determinante e crucial para o enriquecimento e desenvolvimento socioeconômico das nações. No caso específico da América Latina, que possui um passado colonial muito forte, teriam sido criadas instituições instáveis desenhadas para privilegiar certos grupos sociais em detrimento dos demais. A implicação de tal desenvolvimento para a relação entre as variáveis analisadas é que pouco importa a formação de capital humano quando as possibilidades de mobilidade social e cálculo econômico por parte dos indivíduos latino-americanos são tremendamente dificultadas por políticas macroeconômicas inconsistentes e instituições fracas.

Dessa forma, o nível de riqueza geral acabaria por ser reduzido devido aos recursos que foram alocados em investimentos inseridos em um sistema educacional ineficiente, dentro de um cenário institucional que dificulta a mobilidade social e o empreendedorismo.

Do ponto de vista econométrico, é possível que a especificação das variáveis de acúmulo de capital físico e capital humano não tenham sido bem especificadas dentro do modelo. Se por um lado o investimento em capital físico como porcentagem do PIB evita problemas de superestimação ou subestimação causados pelo tamanho dos países analisados, o cálculo desta variável em termos do espaço que ela ocupa dentro da produção total do país gera o risco de cair no fato de uma porcentagem ser maior implica nas demais serem menores.

Ainda que uma maior porcentagem de investimento em capital físico possa gerar um efeito positivo em um primeiro momento, pode ocorrer um problema alocativo caso ela cresça demais, uma vez que em uma economia cujos únicos fatores de produção são capital físico e capital humano, a soma das porcentagens de ambos têm sempre que resultar em 100%. Uma economia cuja participação do capital físico no PIB fosse de 80%, por exemplo, necessariamente teria uma participação de apenas 20% do capital humano, o que pode ser uma proporção economicamente inadequada para muitas economias.

A *proxy* escolhida para o acúmulo de capital fixo, por sua vez, pode ser inadequada devido a particularidades do sistema educacional dos países analisados que não foram incluídas na análise econométrica conduzida. Além disso, é possível que para a base de dados utilizada seja mais adequado que o pesquisador utilize como *proxy* uma variável de escolaridade medida em tempo de estudo ao invés de taxa de matrícula, semelhante à maneira como fizeram Cangussu, Salvato e Nakabashi (2010) e Antunes (2010) em suas respectivas pesquisas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como meta testar o arcabouço teórico do modelo de Solow Expandido, usando como espaço amostral os países da América Latina durante a segunda década do Século XXI. Os resultados obtidos pela pesquisa não se ajustaram aos postulados do modelo base escolhido, o que parece sugerir que há



mais variáveis de análise a serem adicionadas ao modelo, como *dummies* institucionais que meçam o cenário de empreendedorismo dos países analisados, ou que busquem medir de alguma forma o efeito do passado colonial das nações latino-americanas, para que vieses de estimação sejam reduzidos e obtenha-se mais precisão na estimação de como a geração de riqueza reage às variáveis explicativas escolhidas.

Há também que se levar em conta, em pesquisas futuras, o efeito não apenas do crescimento populacional em si, mas a estrutura etária dos países analisados. Stampe, Pozzobon e Niquito (2020) encontraram evidências de que a relação de dependência de idosos tende a gerar um efeito negativo sobre o crescimento econômico regional para o caso brasileiro. Tal efeito ainda seria agravado em regiões menos desenvolvidas. Segundo dados do Banco Mundial (*World Bank*, 2022), nos últimos anos observou-se um processo de transição demográfica na maior parte dos países latino-americanos e o número de idosos para cada pessoa potencialmente ativa aumentou.

Futuros estudos também podem ser feitos no sentido de levar em conta a relação de dependência com o desenvolvimento regional dos países da América Latina, como fizeram Stampe, Pozzobon e Niquito (2020) para o caso brasileiro. *A priori*, os resultados obtidos, quando comparados com a literatura, podem sugerir que mesmo os postulados neoclássicos acrescidos da análise do acúmulo de capital humano são insuficientes para explicar o enriquecimento das nações. No entanto, não fica excluída a hipótese de que o crescimento populacional e, principalmente, a composição demográfica da população do país analisado, são variáveis relevantes para estimar o enriquecimento de cada nação.

Ou seja, tomadores de decisão e estudiosos podem investir esforços no fomento e aprofundamento do debate sobre o papel da demografia, do capital humano e do capital físico para o crescimento econômico. Isso tudo se insere no contexto da necessidade de formulação de políticas e ações que lidem com desafios demográficos, institucionais e socioeconômicos que impedem uma maior convergência entre as diferentes rendas e qualidades de vida dos países.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron. ROBINSON, James A. *Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty*. New York: Currency, 2012.

AHUMADA, Víctor M. C.; VILLARREAL, Cuauhtémoc C. *Human capital formation and economic growth across the world: a panel data econometric approach*. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. xx, núm. 62, 2020. <http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v20n62/2448-6183-est-20-62-25.pdf>. 25 ago. 2022.

ANTUNES, Micaela A. A. *The interaction between human capital, foreign trade and economic growth: an empirical approach*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. [https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/RCAP\\_696ea68577f7579860ab937318b509e6](https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/RCAP_696ea68577f7579860ab937318b509e6). 25 mai. 2023.

BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. *Economic Growth*. Cambridge: MIT Press, 1999.

BERNANKE, Ben S.; GÜRKAYNAK, Refet S. *Is Growth Exogenous? Taking Mankiw, Romer and Weil Seriously*. Princeton University, 2002. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c11063/c11063.pdf>. 25 ago. 2022.

BOND, S.; HOEFFLER, A.; TEMPLE, J. *GMM estimation of empirical growth models*. Oxford: Economics Papers, 2001. <https://jontemple.org.uk/wp-content/uploads/2020/06/bht10.pdf>. 25 mai. 2023.

CASELLI, F.; ESQUIVEL, G.; LEFORT, F. *Reopening the convergence debate: a new look at cross-country growth empirics*. Berlin: Journal of Economic Growth, 1996.

CANÇADO, Luciana P. *Economic Growth: Panel Data Evidence from Latin America*. Center for International Studies, 2005. [https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws\\_etd/send\\_file/send?accession=ohiou1127143858&disposition=inline](https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=ohiou1127143858&disposition=inline). 25 mai. 2023.

CANGUSSU, Ricardo C.; SALVATO, Márcio A.; NAKABASHI, Luciano. *Uma Análise do Capital Humano Sobre o Nível de Renda dos Estados Brasileiros: MRW Versus Mincer*. São Paulo: Estudos Econômicos, 2010.

CHOW, Gregory C. *Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions*. *Econometrica*, Vol. 28, No. 3. pp. 591-605, 1960. [https://web.archive.org/web/20191228155733if\\_/http://pdfs.semanticscholar.org/0f70/219160c8ad2f9db02e226d3f7d7320e729b8.pdf](https://web.archive.org/web/20191228155733if_/http://pdfs.semanticscholar.org/0f70/219160c8ad2f9db02e226d3f7d7320e729b8.pdf). 25 ago. 2022.

DAS, Debasish Kumar. *Empirical Estimation of the Solow Growth Model: A Panel Approach*. Lund University, 2013. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/4023880/file/4076722.pdf>. 25 ago. 2022.

DEWAN, Edwin; HUSSEIN, Shajehan. *Determinants of Economic Growth (Panel Data Approach)*. Reserve Bank of Fiji, 2001. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.112.2218&rep=rep1&type=pdf>. 25 ago. 2022.

DOMAR, E. *Expansion and Employment*. American Economic Review, 1947.

DUARTE, Patrícia Cristina; LAMOUNIER, Wagner Moura; TAKAMATSU, Renata Turola. *Modelos Econométricos para Dados em Paineis: Aspectos Teóricos e Exemplos de Aplicação à Pesquisa Em Contabilidade e Finanças*. Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 2007. [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176819/mod\\_resource/content/1/Artigo%20-%20Modelos%20em%20Painel.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176819/mod_resource/content/1/Artigo%20-%20Modelos%20em%20Painel.pdf). 25 ago. 2022

EOM, Tae Ho; LEE, Sock Hwan; XU, Hua. *Introduction to Panel Data Analysis: Concepts and Practices*. Em Miller/Handbook of Research Methods in Public Administration (pp. 571-590). [https://www.researchgate.net/publication/299629608\\_Introduction\\_to\\_Panel\\_Data\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/299629608_Introduction_to_Panel_Data_Analysis). 25 ago. 2022.

GUJARATI, Damodar N; PORTER, Dawn C. *Econometria Básica*. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HARROD, R. F. *Towards a Dynamic Economics*. London: MacMillan, 1948.

HAUSMAN, Jerry A. *Specification Tests in Econometrics*. Econometrica, 1978.

KLASEN, Stephan; LAWSON, David. *The Impact of Population Growth on Economic Growth and Poverty Reduction in Uganda*. 2007. [https://www.researchgate.net/publication/5081419\\_The\\_Impact\\_of\\_Population\\_Growth\\_on\\_Economic\\_Growth\\_and\\_Poverty\\_Reduction\\_in\\_Uganda](https://www.researchgate.net/publication/5081419_The_Impact_of_Population_Growth_on_Economic_Growth_and_Poverty_Reduction_in_Uganda). 25 ago. 2022.

LUCAS, Robert E., Jr. *On the Mechanics of Economic Development*. J. Monetary, Econ., 1988. <https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmecanicseconomicgrowth.pdf>. 25 ago. 2022.

MANKIW, N. Gregory; ROMER, David; WEIL, David N. *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*. The Quarterly Journal of Economics, 1992. [https://eml.berkeley.edu/~dromer/papers/MRW\\_QJE1992.pdf](https://eml.berkeley.edu/~dromer/papers/MRW_QJE1992.pdf). 25 ago. 2022.

MISES, Ludwig von. *Ação Humana – um tratado de economia*. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.

NAZARENO, Maria Cristina de Meira. *O impacto populacional sobre o crescimento econômico dos BRICS*. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2018. <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1485>. 25 ago. 2022.

PISA. *PISA 2018 Results (Volume I) - What Students Know and Can Do*. <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm>. 25 ago. 2022.

ROMER, Paul M. *Endogenous Technological Change*. Journal of Political Economy, 1990. [https://web.stanford.edu/~klenow/Romer\\_1990.pdf](https://web.stanford.edu/~klenow/Romer_1990.pdf). 25 ago. 2022.

SIBE, Jacob P.; CHIATCHOUA, Cesaire; MEGNE, Marie N. *The Long Run Relationship between Population Growth and Economic Growth: a Panel Data Analysis of 30 of the most Populated Countries of the World*. Análisis Económico, vol. XXXI, nº77, Universidad Autónoma Metropolitana, 2016.

SOLOW, Robert M. *A Contribution to the Theory of Economic Growth*. The Quarterly Journal of Economics, Volume 70, Issue 1, February 1956, Pages 65–94. <https://pages.nyu.edu/debraj/Courses/Readings/Solow.pdf>. 25 ago. 2022.

SOLOW, Robert M. *Perspectives on growth theory*. Journal of Economic Perspectives, 1994. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.8.1.45>. 25 ago. 2022.

STAMPE, M. Zwillig; POZZOBON, F.; NIQUITO, T. Waideman. *Impactos da estrutura etária sobre o desempenho econômico das regiões do Brasil entre 1991 e 2010*. Revista Brasileira De Estudos de População, 37, 1-25, 2020. <https://rebep.org.br/revista/article/view/1598>. 25 ago. 2022.

SUMMERS, R.; HESTON, A. *A new set of international comparisons of real product and price levels estimates for 130 countries, 1950 – 1985*. Review of Income and Wealth 34, 1988.

WORLD BANK. *Dados sobre a taxa de dependência dos países da América Latina*. <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.DPND?locations=AR-BO-BR-CL-CO-CR-CU-SV-EC-GT-HN-MX-PE-DO-UY>. 25 ago. 2022.

## APÊNDICE A

**Tabela A1: Resultados do modelo de dados agrupados**

Variáveis	Coeficientes	Erros-Padrão	p> t
populao	$2,64e^{-06}$	$5,33e^{-06}$	0,622
capitalf	128,6782	59,52993	0,033
capitalh	630,5514	53,86662	0,000
_cons	-53.041,94	5.283,543	0,000
R <sup>2</sup>	0,6000	R <sup>2</sup> ajustado	0,5881

Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela A2: Resultados do modelo de efeitos fixos**

Variáveis	Coeficientes	Erros-Padrão	p> t
Populao	-0,000276	0,0000676	0,000
Capitalf	-16,67402	61,45852	0,787
Capitalh	-91,47913	42,22419	0,033
_cons	27.051,1	5.096,509	0,000

Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela A3: Resultados do modelo de efeitos aleatórios**

Variáveis	Coefficientes	Erros-Padrão	p> z
Populao	$9,91e^{-6}$	0,0000149	0,505
Capitalf	77,2013	62,75358	0,219
Capitalh	-9,212812	48,65387	0,850
_cons	7.074,866	4.644,018	0,128

Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela A4: Resultados do Teste de Chow**

F(14,87)	82,77
Prob > F	0,0000

Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela A5: Resultados do Teste de Hausman**

Variáveis	(b) fixos	(B) Aleatórios	(b-B) Diferenças
populao	$9,91e^{-6}$	$9,91e^{-6}$	0
capitalf	77,2013	77,2013	0
capitalh	-9,212812	-9,212812	0
chi <sup>2</sup>	0,00	Prob > chi <sup>2</sup>	0,0000

Fonte: elaborado pelos autores

**Tabela A6: Resultados do Teste Breusch-Pagan**

	Var	sd = sqrt(Var)
pibpc	$1,88e^{07}$	4.330,277
E	626.248,5	791,3587
U	6.417.294	2533,238
chibar2(01)	124,39	Prob > chibar2
		0,0000

Fonte: elaborado pelos autores