UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - ÁREA:
ECONOMIA APLICADA

Ricardo Henrique Sasseron

Determinantes da produtividade: análise do impacto do
índice GCI e seus componentes sobre a PTF

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nakabashi

Ribeirão Preto

2016

Prof. Dr. Marco Antônio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Dante Pinheiro Martinelli
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Renato Leite Marcondes
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Cláudio Ribeiro de Lucinda
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

Ricardo Henrique Sasseron

Determinantes da produtividade: análise do impacto do índice GCI e seus componentes sobre a PTF

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nakabashi

Ribeirão Preto

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Sasseron, Ricardo Henrique

Determinantes da produtividade: análise do impacto do índice GCI e seus componentes sobre a PTF / Ricardo Henrique Sasseron. – Ribeirão Preto, 2016.

113 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Nakabashi

Dissertação de Mestrado – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto – FEA-RP

Universidade de São Paulo – USP

Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada, 2016.

1. PTF. 2. Determinantes da produtividade. 3. GCI. 4. GMM em painel.

I. Orientador: Prof. Dr. Luciano Nakabashi. II. Universidade de São Paulo. III. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. IV. Título: Determinantes da produtividade: análise do impacto do índice GCI e seus componentes sobre a PTF

Folha de Aprovação

Nome: SASSERON, Ricardo Henrique

Título: Determinantes da produtividade: análise do impacto do índice GCI e seus componentes sobre a PTF

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Trabalho aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.
Instituição

Prof. Dr.
Instituição

Prof. Dr.
Instituição

Ribeirão Preto

2016

Resumo

SASSERON, R. H. **Determinantes da produtividade: análise do impacto do índice GCI e seus componentes sobre a PTF**. 2016. 113f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

Este trabalho buscou investigar os principais determinantes da produtividade. Para tanto, o trabalho construiu medidas da Produtividade Total dos Fatores (PTF) e analisou o impacto do *Global Competitiveness Index* (GCI), de seus subíndices e dos 12 pilares de competitividade que compõem esses subíndices, sobre a PTF. Os principais resultados encontrados são: a heterogeneidade não observada dos países é correlacionada com os regressores, causando estimativas inconsistentes caso não seja tratada; as variáveis apresentaram endogeneidade nos modelos, a qual também deve ser levada em consideração nas estimações; a produtividade passada se mostrou relevante para explicar seu comportamento futuro; os pilares “ambiente macroeconômico”, “saúde e ensino básico” e “desenvolvimento do mercado financeiro” afetam positivamente a PTF; já a “capacidade de absorção tecnológica” apresentou efeito líquido negativo sobre a PTF, ao contrário do que era esperado; os subíndices apresentaram poucos resultados estatisticamente significantes e em linha com o esperado; e, por último, a análise do índice GCI revelou que um aumento em uma unidade desse indicador, em uma escala de 1 a 7, está relacionado a um crescimento líquido de 21% na produtividade.

Palavras-chaves: PTF. Determinantes da produtividade. GCI. GMM em painel.

Abstract

SASSERON, R. H. **Determinants of productivity: analysis of the impact of the GCI index and its components on the TFP**. 2016. 113f. Dissertation (Master Degree) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

This study aimed to investigate the main determinants of productivity. Therefore, the work built measures of Total Factor Productivity (TFP) and analyzed the impact of the Global Competitiveness Index (GCI), its subindexes and the 12 pillars of competitiveness that make up these subindexes on the PTF. The main results are: the unobserved heterogeneity of countries is related to the covariates, causing inconsistent estimates if not treated; the variables presented endogeneity in the models, which should also be taken into account in the estimation; productivity lags proved relevant to explain their future behavior; the pillars “macroeconomic environment”, “health and basic education” and “financial market development” positively affect the TFP; on the other hand, “technological readiness” had a negative net effect on TFP, contrary to what was expected; the subindexes showed few statistically significant results and in line with what was expected; and finally, the analysis of the GCI index revealed that an increase in one unit of this indicator, on a 1 to 7 scale, is related to a net increase of 21% in productivity.

Key-words: TFP. Determinants of productivity. GCI. Panel GMM.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Comparação das medidas do PIB real do Brasil na PWT.	50
Figura 2 – Dispersão da medida de capital físico, CK , contra o PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.	51
Figura 3 – Dispersão da participação do trabalho na renda ($LABSH$) contra o PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.	52
Figura 4 – Capital humano (h) contra PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.	53
Figura 5 – Dispersão da PTF contra o PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.	54
Figura 6 – Comparação da média, entre 2006 e 2011, dos 12 pilares de competitividade, por grupo de países.	56
Figura 7 – Evolução do índice GCI no período de 2006 a 2011, por grupo de países e para o Brasil.	57
Figura 8 – Evolução das medidas da PTF com base no PIB e capital físico das Contas Nacionais.	60
Figura 9 – Evolução da participação do capital na renda do Brasil, segundo dados da PWT 8.1.	61
Figura 10 – Evolução das medidas da PTF com base no PIB e capital físico das Contas Nacionais, para diferentes funções de produção.	62
Figura 11 – Evolução da produtividade do trabalho no Brasil, por horas trabalhadas e número de trabalhadores.	63
Figura 12 – Comparação da produtividade do trabalho e da PTF para o Brasil.	64
Figura 13 – Comparação da evolução da PTF entre países selecionados, normalizada para 1 em 1960.	65
Figura 14 – Relação entre a PTF em países selecionados e nos Estados Unidos.	66
Figura 15 – Correlação entre as variáveis dos modelos empíricos, para a amostra de 106 países utilizada, no período de 2006 a 2011.	68
Figura 16 – Gráfico de dispersão e linha de tendência do índice GCI e do logaritmo natural da PTF.	69
Figura 17 – Gráfico de dispersão e linha de tendência dos subíndices do GCI e do logaritmo natural da PTF.	75
Figura 18 – Gráfico de dispersão e linha de tendência dos pilares de competitividade do GCI e do logaritmo natural da PTF.	82
Figura 19 – Estrutura do índice GCI.	104
Figura 20 – Correlação entre as variáveis dos modelos empíricos, para a amostra de 106 países utilizada, no período de 2006 a 2011.	113

Lista de tabelas

Tabela 1	– Produtividade de algumas indústrias no começo dos anos 90.	20
Tabela 2	– Decomposição da razão da produtividade entre Brasil e Estados Unidos.	23
Tabela 3	– Lista dos pilares que compõem os três subíndices do GCI.	33
Tabela 4	– Faixa de renda e pesos dos 3 subíndices usados no cálculo final do GCI, segundo os estágios de desenvolvimento.	34
Tabela 5	– Estatísticas descritivas das variáveis do índice GCI.	55
Tabela 6	– Lista das variáveis utilizadas nas estimações e suas descrições.	67
Tabela 7	– Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se o índice GCI como variável explicativa. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	70
Tabela 8	– Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza o índice GCI como variável explicativa.	72
Tabela 9	– Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza o índice GCI como variável explicativa.	72
Tabela 10	– Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se o índice GCI como variável explicativa. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	74
Tabela 11	– Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se os subíndices como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	76
Tabela 12	– Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza os subíndices do GCI como variáveis explicativas.	78
Tabela 13	– Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza os subíndices do GCI como variáveis explicativas.	78
Tabela 14	– Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se os subíndices do GCI como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	80

Tabela 15 – Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	83
Tabela 16 – Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza os pilares de competitividade como variáveis explicativas.	86
Tabela 17 – Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza os pilares de competitividade como variáveis explicativas.	87
Tabela 18 – Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.	88
Tabela 19 – Faixa de renda e pesos dos 3 subíndices usados no cálculo final do GCI, segundo os estágios de desenvolvimento.	103

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	O CONCEITO DE PRODUTIVIDADE E SEUS DETERMINANTES	16
2.1	O conceito de produtividade	16
2.2	Fatores que afetam a produtividade	23
3	METODOLOGIA DE CÁLCULO DA PTF	35
3.1	Função de produção	35
3.2	Fatores de produção	38
4	MODELO TEÓRICO E ESTIMADORES UTILIZADOS NA ANÁLISE EMPÍRICA	40
4.1	Estimação em painel simples	40
4.2	Estimação em painel dinâmico com GMM	43
5	BASE DE DADOS	48
5.1	<i>Penn World Table</i>	48
5.2	<i>Global Competitiveness Index</i>	54
5.3	Instrumentos	57
6	EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE NO BRASIL E COMPARAÇÃO COM OUTROS PAÍSES	59
6.1	Evolução da produtividade no Brasil	59
6.2	Comparação com outros países	64
7	RESULTADOS	67
7.1	Análise do índice GCI geral	69
7.2	Análise dos subíndices do GCI	75
7.3	Análise dos pilares de competitividade	82
8	CONCLUSÃO	92
	Referências	94

APÊNDICES	100
APÊNDICE A – METODOLOGIA DE CÁLCULO DO ÍNDICE GCI	101
ANEXOS	107
ANEXO A – LISTA DOS PAÍSES USADOS NA ANÁLISE EMPÍ- RICA.	108
ANEXO B – CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DOS MO- DELOS EMPÍRICOS.	112

1 Introdução

Em linhas gerais, o desenvolvimento econômico, sintetizado de forma simplificada pelo produto por trabalhador, pode ser visto como resultado da quantidade empregada de fatores de produção, como capital físico e humano e da produtividade, sendo esta decomposta em tecnologia e eficiência. Assim, quanto maior a quantidade de fatores de produção e quanto mais avançada a tecnologia utilizada, maior tende a ser o produto por trabalhador.

No entanto, pode-se dizer que essas são as causas próximas ou imediatas do desenvolvimento econômico, restando analisar seus determinantes mais fundamentais, ou seja, os fatores que levam a uma maior acumulação de fatores de produção e a uma produtividade mais elevada. Como colocado por [Acemoglu](#):

It is important to know which of these proximate causes are important and how they affect economic performance, both to have a better understanding of the mechanics of economic growth and also to know which classes of models to focus on. But at some level (and exaggerating somewhat) to say that a country is poor because it has insufficient physical capital, human capital, and inefficient technology is like saying that a person is poor because he or she does not have money. There are, in turn, other reasons some countries are more abundant in physical capital, human capital, and technology, in the same way as there are factors that cause one person to have more money than another. (ACEMOGLU, 2008, p. 106)

Este trabalho analisa uma das causas próximas do desenvolvimento econômico: a produtividade. Essa análise abrange tanto a questão sobre em que consiste o conceito de produtividade, seus principais indicadores e sua evolução no Brasil em comparação com outros países, como a análise econométrica de seus principais determinantes.

Como bem documentado na literatura econômica, a produtividade é fundamental para explicar as diferenças de renda entre os países. Segundo [Hsieh e Klenow \(2010\)](#), o estado atual do debate atribui ao capital humano uma contribuição de 10 a 30% para explicar as diferenças de renda entre países, de cerca de 20% ao capital físico, enquanto o restante (de 50 a 70%) é atribuído a diferenças na Produtividade Total dos Fatores (PTF).

No Brasil, a questão da produtividade vem ganhando destaque crescente devido, em grande parte, à inversão do ciclo recente de crescimento econômico e inclusão social, entre 2004 e 2011. Desde então, a economia vem perdendo dinâmica, apresentando baixas taxas de crescimento e chegando, mais recentemente, ao quadro de forte recessão com inflação elevada e reduzida flexibilidade orçamentária, o que começa a colocar em risco algumas conquistas sociais do ciclo anterior, como a retirada de milhões de pessoas da

situação de extrema pobreza ([The Economist, 2016](#); [International Monetary Fund, 2015a](#), p. 15).

Segundo [Negri e Cavalcante \(2014\)](#):

Nos anos 2000, o país passou por um ciclo de crescimento com distribuição de renda que foi fortemente baseado na expansão da demanda, tanto externa, por commodities, quando doméstica, derivada do aumento da renda e da incorporação de mais pessoas ao mercado de trabalho e de consumo. Depois da crise de 2008, entretanto, esse processo parece ter perdido a capacidade de, isoladamente, impulsionar o crescimento da economia. Mesmo as variáveis demográficas e do mercado de trabalho que, durante os últimos anos, contribuíram para alavancar o crescimento econômico chegaram, aparentemente, ao seu limite, ou próximo dele. Além disso, o investimento também não chegou a crescer acima do que tem sido seu patamar histórico nas últimas décadas, patamar este que é – e isso é praticamente um consenso entre os economistas – insuficiente para sustentar o crescimento da economia no longo prazo. ([NEGRI; CAVALCANTE, 2014](#), p. 15)

É nesse contexto que o aumento da produtividade da economia brasileira se apresenta como elemento fundamental para a retomada do crescimento econômico e para o aprofundamento das conquistas sociais da década anterior. A identificação de suas causas mais profundas e estruturais é, portanto, de grande importância para os formuladores de políticas brasileiros.

No presente estudo, o conceito de produtividade é explorado em maiores detalhes, sendo apresentados seus principais indicadores, a produtividade total dos fatores (PTF) e a produtividade do trabalho. Enquanto o último mede a quantidade de produto por um único fator de produção, trabalho, o primeiro tem a pretensão de indicar a efetividade com que um país utiliza a totalidade de seus fatores de produção (ou ao menos os mais relevantes) na geração de produto ([MESSA, 2014](#)). A metodologia utilizada para o cálculo da PTF é a da contabilidade do desenvolvimento, que pressupõe a parametrização de uma função de produção e cálculo da PTF de forma residual.

Uma das contribuições do trabalho é realizar uma série de estimativas da PTF para o Brasil, considerando as mudanças metodológicas da *Penn World Table* (PWT), que é a base de dados utilizada, além de estimá-la de acordo com diferentes hipóteses sobre os fatores e a função de produção.

Para todas as medidas, o que se observa é que a produtividade da economia brasileira cresceu consideravelmente no período entre 1950 até meados da década de 1970, quando atingiu seu ápice histórico. Nas décadas seguintes, até o início do século XXI, ela se reduziu até voltar a patamares próximos do final da década de 1960. Ou seja, a produtividade no Brasil caiu consideravelmente depois da década de 1970, sendo que só voltou a melhorar a partir dos anos 2000. No entanto, o formato da curva já parecia indicar

uma nova inversão da série, que parece se comprovar com o baixo crescimento do PIB desde 2011.

Comparando a performance da PTF brasileira com a de 5 outros países, Coreia, México e Chile apresentam uma produtividade bem acima do Brasil, ficando entre 60% e 70% da produtividade dos Estados Unidos (fronteira tecnológica), enquanto a brasileira é de cerca de 40% da americana, ligeiramente inferior ao que era em 1965. A China, que apresentou um crescimento significativo desse indicador nas últimas décadas, saiu de um patamar de menos de 20% da PTF americana para cerca de 37%, uma produtividade já próxima da brasileira.

São diversos os determinantes da produtividade de um país, e a investigação de quais seriam os principais fatores que influenciam essa variável é um tema já explorado por diversos economistas, desde Adam Smith, que destacou o papel da especialização e da divisão do trabalho (SMITH, 1776), passando pela ênfase dos economistas clássicos sobre o capital físico¹, até trabalhos mais recentes que apontam para a importância do ambiente institucional, da qualidade da mão de obra, da estabilidade macroeconômica, de investimentos em tecnologia, entre outros (World Economic Forum, 2014, p. 4).

Por mais de trinta anos, o Fórum Econômico Mundial (FEM) tem acompanhado e estudado os diferentes aspectos da competitividade dos países, definida como o “conjunto de instituições, políticas e fatores que determinam o nível de produtividade de uma economia” (World Economic Forum, 2014, p. 4).² Desde 2005, o FEM disponibiliza um índice de competitividade, o *Global Competitiveness Index* (GCI), que combina indicadores de diversas fontes sobre os determinantes da competitividade, os quais são agrupados em 12 pilares: instituições, infraestrutura, ambiente macroeconômico, saúde e ensino básico, ensino superior e treinamento, eficiência do mercado de produtos, eficiência do mercado de trabalho, desenvolvimento do mercado financeiro, capacidade de absorção tecnológica, tamanho do mercado, sofisticação do ambiente de negócios e inovação.

O trabalho analisa o impacto, sobre a PTF, do índice geral de competitividade, GCI, dos seus subíndices, que agrupam os pilares de acordo com sua importância para economias em diferentes estágios de desenvolvimento, e dos pilares de competitividade que formam esses subíndices, perfazendo três conjuntos distintos de variáveis explicativas. Desta forma, além de investigar o efeito dessas variáveis sobre a PTF, o trabalho serve como um teste para o índice, no sentido de analisar se os indicadores impactam positivamente a produtividade, como é de se esperar pela própria definição de competitividade que o índice pretende mensurar.

Os modelos estimados abrangem tanto estimadores em painel simples, dos quais

¹ World Economic Forum (2014, p. 4) cita, por exemplo, os trabalhos de Schumpeter (2013), Solow (1956) e Swan (1956).

² Os principais resultados desse estudo são divulgados nos relatórios *Global Competitiveness Reports*.

se destaca o modelo de efeitos fixos, que trata a heterogeneidade não observada e potencialmente correlacionada com os regressores, quanto modelos em painel dinâmico, que utilizam defasagens como instrumentos para tratar a endogeneidade de algumas variáveis, por meio de um GMM (*Generalized Method of Moments*) em painel.

Em resumo, apesar do reduzido número de anos da amostra (apenas 6), o que impossibilitou a análise com períodos mais longos entre os dados (cinco em cinco anos, por exemplo) e limitou o número de instrumentos, os resultados apontam para algumas conclusões: a heterogeneidade não observada dos países é correlacionada com os regressores, causando estimativas inconsistentes caso não seja tratada; as variáveis apresentaram endogeneidade nos modelos, a qual também deve ser levada em consideração em trabalhos empíricos; a produtividade passada se mostrou relevante para explicar seu comportamento futuro; os pilares “ambiente macroeconômico”, “saúde e ensino básico” e “desenvolvimento do mercado financeiro” afetam positivamente a PTF; já a “capacidade de absorção tecnológica” apresentou efeito negativo sobre a PTF, ao contrário do que era esperado; entre os subíndices do GCI, os “requisitos básicos” apresentaram um efeito líquido negativo, somente a segunda defasagem dos “potencializadores de eficiência” tiveram impacto sobre a PTF, os “fatores de inovação” não se mostraram significantes; e, por último, a análise do índice GCI revelou que um aumento em uma unidade desse indicador, em uma escala de 1 a 7, está relacionado a um crescimento líquido de 21% na produtividade.

Outros estudos buscaram investigar a relação do índice e seus componentes sobre o crescimento do PIB per capita, como [Xia et al. \(2012\)](#), [Amar e Hamdi \(2012\)](#), [Adamkiewicz e Kot \(2014\)](#), [Arruda et al. \(2009\)](#) e [Kordalska, Olczyk et al. \(2015\)](#). No entanto, não encontrou-se nenhum estudo que tratasse da relação do índice com a produtividade e, mais especificamente, com a PTF. Este trabalho destaca-se, portanto, pelo pioneirismo na investigação realizada.

Além desta introdução, o presente estudo é organizado da seguinte forma: no [Capítulo 2](#), apresenta-se o conceito de produtividade, seus principais indicadores e o que essas medidas efetivamente refletem, além de uma breve revisão de literatura sobre os principais determinantes da produtividade; no [Capítulo 3](#) encontra-se a metodologia de cálculo da PTF; o [Capítulo 4](#) apresenta os modelos de estimação em painel simples e dinâmico, que serão utilizados na análise empírica; as bases de dados utilizadas no trabalho são detalhadas no [Capítulo 5](#); a evolução da PTF no Brasil e o comparativo com outros países são apresentados no [Capítulo 6](#); e os resultados da estimação dos modelos de regressão da PTF sobre os pilares de competitividade, os subíndices e o índice GCI encontram-se no [Capítulo 7](#). O trabalho termina com as principais conclusões das estimações realizadas.

2 O conceito de produtividade e seus determinantes

É importante, antes de mais nada, definir de maneira precisa o que é produtividade, quais são os principais indicadores e o que essas medidas efetivamente refletem. Para isso, a seguir, trata-se do conceito de produtividade e de algumas abordagens para sua mensuração.

2.1 O conceito de produtividade

Definida de forma geral, produtividade é a capacidade de transformar insumos ou fatores de produção em produto (MAWSON; CARLAW; MCCLELLAN, 2003). Assim, um indicador de produtividade deve medir a efetividade com que os fatores de produção são utilizados para produzir bens e serviços, podendo ser comparado tanto entre diferentes períodos quanto entre diferentes unidades produtivas. Dessa forma, se dois países utilizam as mesmas quantidades de insumos, porém o valor da produção de um é maior que de outro, diz-se que a produtividade daquele é maior que deste.

Uma forma de se medir a produtividade é por meio de medidas parciais, que são obtidas ao se dividir o produto (valor da produção, dado pelo PIB de um país, por exemplo) pela quantidade utilizada de um dos insumos, normalmente trabalho ou capital (MAWSON; CARLAW; MCCLELLAN, 2003). Assim, a produtividade do trabalho é a razão do produto pela quantidade deste insumo que é empregada na produção, e expressa o produto gerado por trabalhador ou por hora de trabalho na economia, dependendo da medida que é utilizada para mensurar o fator trabalho¹. Já a produtividade do capital é calculada como a razão do produto por uma estimativa da quantidade de capital físico empregada no processo produtivo.

A produtividade do trabalho é de fundamental importância na comparação da capacidade produtiva entre países, dada sua interpretação como indicador de padrão de vida dos trabalhadores. Como fica evidente por sua definição, diferentes medidas da quantidade de trabalho ou da quantidade de produto podem gerar diferentes estimativas de produtividade, alterando as conclusões sobre sua evolução ou o comparativo entre países. Por isso a importância da utilização de medidas de produto e de insumos padronizadas entre países, com metodologia de cálculo comum.

O principal ponto negativo da medida de produtividade do trabalho é que ela não

¹ Entre as medidas da quantidade de trabalho, utiliza-se normalmente o número de horas trabalhadas ou a quantidade de trabalhadores empregados.

distingue o aumento de produção advindo de novas tecnologias ou de melhores formas de organização do processo produtivo, do incremento na produção proveniente do aumento na relação de outros fatores de produção com o fator trabalho, como uma intensificação da razão capital-trabalho ou uma maior qualificação da mão de obra (aumento do capital humano por trabalhador). Desta forma, uma maior quantidade de capital, para uma mesma quantidade de trabalho, aumentaria a produtividade do trabalho, assim como o uso de uma melhor tecnologia, por exemplo. Seria interessante, portanto, uma medida de produtividade que levasse em consideração o efeito tanto do trabalho quanto de outros fatores de produção, de forma a segregar o resultado de alterações nos fatores de produção de outros elementos que influenciam no produto.

A medida de produtividade que busca levar em conta o efeito de diversos fatores na produção é a chamada Produtividade Total dos Fatores (PTF). Ela consiste na razão entre o produto e uma medida da quantidade de insumos utilizados. Parte-se da hipótese que o produto é função dos insumos ou fatores de produção e de uma variável que representa a produtividade desses fatores, conforme a equação abaixo:

$$Y_t = F(X_t, A_t) \quad (2.1)$$

onde Y é o produto, X são os fatores de produção e A é a produtividade desses fatores, sendo a PTF uma medida de A . A função que estabelece a relação entre essas variáveis é dada por $F(\cdot)$.

Na prática, a maior parte dos trabalhos adota apenas os fatores capital e trabalho e medidas da qualidade desses insumos, conforme será explicado no [Capítulo 3](#), deixando de lado outros fatores de produção, como terra e recursos minerais².

Vale notar que, como o nível da PTF depende de diferentes unidades de medida, tanto do produto quanto dos insumos, seu valor, normalmente, não é de grande interesse em si, mas sim a evolução desse indicador ou comparações entre países (desde que as medidas de produto e dos insumos sejam comparáveis entre os países).

A PTF indica a efetividade com que os recursos de uma economia (que entram na função de produção) são combinados para gerar produto. É uma medida obtida de forma residual, no sentido de que há dados para o produto (Y) e para os fatores de produção (X), sendo a PTF calculada isolando-se A na [Equação 2.1](#). Logo, a PTF reflete mudanças no produto depois que o impacto da alteração dos insumos foi contabilizado, razão pela qual [Abramovitz \(1956\)](#) a descreveu como uma “medida da nossa ignorância”.

Seguindo [Weil \(2009\)](#), a produtividade, conforme medida pela PTF, pode ser analisada como o resultado da combinação de dois elementos: do avanço tecnológico, que disponibiliza novas tecnologias produtivas, além de novos produtos; e da eficiência com

² Alguns autores preferem chamar a produtividade resultante de produtividade multifatorial, por conta da medida não incluir todos os fatores produtivos possíveis.

que os fatores de produção e a tecnologia são utilizados na produção. A relação entre essas variáveis pode ser pensada, de forma simplificada, como:

$$A = T \times E \quad (2.2)$$

onde T representa a tecnologia e E é uma medida da eficiência. De acordo com essa hipótese, a produtividade seria o resultado do produto da tecnologia e da eficiência. O conceito de eficiência, portanto, captura a influência de qualquer variável sobre a produtividade, que não seja a tecnologia ou variações nos fatores de produção.

A seguir, explica-se, em maiores detalhes, no que consiste a tecnologia e a eficiência.

2.1.1 Tecnologia

O conceito de tecnologia representa os conhecimentos sobre como fatores de produção podem ser usados para fabricar objetos e modificar o meio ambiente, com vistas a satisfazer as necessidades humanas.

O avanço tecnológico decorre da geração de novas ideias ou, em outras palavras, do processo inovativo. A literatura econômica distingue diferentes tipos de inovação. Uma forma comum é a distinção entre inovação de processo e de produto. A primeira está relacionada a inovações que reduzem o custo de produção de produtos já existentes, enquanto a segunda diz respeito à criação de um novo produto, como a introdução do primeiro aparelho de DVD, por exemplo. Existe ainda a possibilidade de melhorias na qualidade de um produto existente, as quais, em muitos modelos de crescimento, são tratadas como inovações de processo, uma vez que têm o mesmo efeito da redução no custo de um produto, supondo qualidade e quantidade como substitutos perfeitos (ACEMOGLU, 2008, p. 411–412).

Outra distinção importante é entre inovações macro e micro. A primeira seria em relação a inovações radicais, que têm o potencial de alterar a organização da produção em diversos produtos e setores. Esse tipo de inovação inclui a introdução de tecnologias para usos gerais, como a energia elétrica e o computador, por exemplo. O segundo tipo seria para inovações mais comuns, como a criação de novos modelos e melhoria da qualidade para produtos já existentes e a redução de custo (MOKYR, 1990 apud ACEMOGLU, 2008, p. 412).

Uma das principais características da tecnologia é sua natureza não rival, o que significa que o uso de uma tecnologia por um produtor não afeta a capacidade de seu uso por outros. Assim, vários produtores podem utilizar a mesma tecnologia para reduzir o custo de produção, por exemplo, sem que um interfira na produtividade do outro. O mesmo não acontece, por exemplo, com o capital físico ou trabalho, pois o uso de uma máquina por um produtor impede que a mesma seja usada, simultaneamente, por outro qualquer.

Na função de produção, a não rivalidade da tecnologia aparece como a possibilidade de retornos crescentes de escala. Assim, para uma função de produção $F(K, L, A)$, onde A representa a tecnologia, normalmente, assume-se retornos constantes de escala em K e L , sob o argumento de que replicando-se a uma unidade produtiva, em termos de capital e trabalho, seria obtido o mesmo nível de produto. No entanto, como a tecnologia é não-rival, ela não precisa ser replicada, fazendo com que a função de produção apresente retornos crescentes de escala em A , K e L , o que foi usado em diversos modelos de crescimento endógeno, como em [Romer \(1986\)](#).

Uma das implicações da não rivalidade da tecnologia é que o tamanho do mercado influencia nos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Isso ocorre porque a inovação tecnológica pode ser usada quantas vezes for necessária, sem que se tenha que incorrer nos custos para replicá-la ou reinventá-la.

Além de não rival, a tecnologia também se caracteriza por um baixo nível de exclusividade, o que significa que o criador de uma nova tecnologia dificilmente consegue excluir outros agentes econômicos de seu uso. A consequência disso é que o agente inovador não consegue extrair muitos benefícios de sua criação, o que diminui os incentivos para que firmas direcionem recursos para a atividade de P&D. Com o intuito de aumentar os incentivos para investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias, foram criadas leis que garantem o direito de propriedade sobre invenções, como as patentes. Além disso, nem todas as invenções podem ser facilmente copiadas, pois as firmas conseguem, muitas vezes, guardar segredo dos detalhes da nova invenção.

O progresso tecnológico de um país pode se dar por duas formas: uma seria por meio da criação de novos produtos e processos de produção, mais eficientes, levando a um avanço na fronteira tecnológica existente; outra forma seria relacionada à adoção das tecnologias já disponíveis, seja por meio da importação de outros países ou do uso de tecnologias desenvolvidas em outras regiões.

Como pretende-se analisar, nesse trabalho, as diferenças de produtividade entre os países, o interesse reside menos nos determinantes do avanço tecnológico de fronteira, e mais nos motivos que levam as firmas de certos países a adotarem melhores tecnologias - ou os motivos que as impedem ou as dificultam de adotarem novas tecnologias.

Apesar de patentes e segredos empresariais evitarem que certas tecnologias sejam importadas e largamente utilizadas, a tendência é que o progresso tecnológico se espalhe de forma gradual e que acabe sendo adotado pelas firmas ao redor do mundo. No entanto, o que se vê é que, enquanto a tecnologia se move de forma relativamente livre pelos países desenvolvidos, muitas delas acabam tendo pouco impacto e penetração nos países em desenvolvimento ([WEIL, 2009](#)). Ou seja, parece haver barreiras à transferência internacional de tecnologia entre essas economias.

Weil (2009) cita a apropriabilidade da tecnologia, já que a mesma é desenvolvida nos países mais ricos e para suas realidades, ou seja, para as características de suas economias, que normalmente apresentam maiores níveis de capital físico e humano por trabalhador, por exemplo, em comparação com países em desenvolvimento. Outra razão, citada pelo autor, para a não transferência de tecnologia entre os países, é o conhecimento tácito dos engenheiros e funcionários das firmas de países desenvolvidos. A justificativa é que o emprego de uma nova tecnologia normalmente é um processo complexo, que exige o conhecimento de detalhes sobre a tecnologia que só é possível de ser obtido com a experiência que se adquire no próprio processo de criação e desenvolvimento dessa tecnologia e com treinamento informal de pessoa para pessoa, e não por meio de manuais, por exemplo.

Acemoglu (2008) mostra ainda como questões institucionais, relacionadas aos tipos de contratos que podem ser firmados entre empresas (produtores e fornecedores) e entre estas e trabalhadores, afetam as decisões das firmas quanto à adoção de tecnologias.

2.1.2 Eficiência

A discussão sobre eficiência segue em grande parte o trabalho de Weil (2009). Segundo o autor, eficiência é definida como a efetividade com que fatores de produção e tecnologia são combinados para produzir bens de consumo e serviços.

Diferenças de eficiência são comuns até mesmo dentro de uma mesma indústria. Seguindo Weil (2009), um estudo da consultoria McKinsey analisou a produtividade de indústrias específicas em três países que estão entre as principais economias do mundo: Estados Unidos, Japão e Alemanha. Os pesquisadores coletaram informações de capital, mão de obra e organização da produção, e calcularam medidas de produtividade que são apresentadas, na Tabela 1, para quatro indústrias e para o total da economia, normalizadas para os Estados Unidos com índice 100.

Tabela 1 – Produtividade de algumas indústrias no começo dos anos 90.

	Estados Unidos	Japão	Alemanha
Automóveis	100	127	84
Aço	100	110	100
Processamento de comida	100	42	84
Telecomunicações	100	51	42
Produtividade agregada	100	67	89

Fonte: Elaboração própria com base em Weil (2009).

Observa-se diferenças significativas na produtividade das indústrias entre os países.

O Japão, por exemplo, tem uma produtividade 27% maior que a dos Estados Unidos na fabricação de automóveis, porém menos da metade na indústria de processamento de alimentos. Já a Alemanha possui a mesma produtividade que os Estados Unidos na fabricação de aço, enquanto em telecomunicações essa relação cai para menos da metade.

Uma das causas dessas diferenças poderia ser a tecnologia. Porém, é difícil acreditar que haja grandes discrepâncias tecnológicas entre os três países, pois eles se situam na fronteira mundial de tecnologia. Além disso, houve diferenças de produtividade mesmo quando se trata de uma mesma empresa com plantas produtivas nos três países, sendo razoável supor que o acesso à tecnologia seja o mesmo entre elas.

A explicação para essas diferenças de produtividade, defendida pelos autores, é a organização da produção. No caso da indústria automobilística, por exemplo, observa-se que as montadoras japonesas trabalham de forma muito próxima com seus fornecedores, possibilitando melhor racionalização de procedimentos. Nos Estados Unidos e Alemanha, por outro lado, essa relação é mais antagônica, levando a perdas de eficiência. Já no caso da indústria de processamento de alimentos, os autores consideram que a baixa produtividade do Japão é resultado de uma rede de regulação e costumes arcaicos sobre a agricultura e distribuição de alimentos naquele país.

Segundo [Weil \(2009\)](#), a forma mais simples de enxergar eficiência é observando os principais casos de ineficiência. Como coloca o autor:

[...] Just as doctors can best define what “healthy” means only with reference to sickness, it is easiest to understand what it means for an economy to be efficient by looking at examples of inefficiency.

Entre os principais tipos de ineficiências, pode-se citar: (i) atividades não produtivas, que ocorrem quando recursos potencialmente produtivos são alocados para atividades não produtivas, como roubo e a atividade de *rent seeking*; (ii) recursos ociosos, que resulta da subutilização de recursos produtivos, como capital e trabalho, ou de seu emprego em atividades pouco produtivas (má alocação dos recursos); (iii) má alocação de recursos entre setores e regiões; (iv) má alocação de recursos entre firmas; e a (v) proibição do uso de certas tecnologias³.

2.1.3 Importância relativa da tecnologia e da eficiência

Como subsídio para a questão de quais os principais fatores determinantes do diferencial de produtividade entre os países, é importante analisar o papel da tecnologia

³ Anteriormente, foram discutidas barreiras à adoção de tecnologia por países mais pobres, como a questão do conhecimento tácito e da apropriabilidade da tecnologia desenvolvida em países mais ricos. Aqui, segue-se [Weil \(2009\)](#), classificando a proibição do uso de certas tecnologias como uma questão de ineficiência, e não como um atraso tecnológico, já que o país, mesmo com todas as possibilidades de adotar a tecnologia, “opta” por proibi-la.

e da eficiência na produtividade relativa. O exercício a seguir, extraído de [Weil \(2009\)](#)⁴, busca investigar quanto da variação na produtividade entre países pode ser atribuída a diferenças na tecnologia e na eficiência, de forma a dar pistas sobre se os determinantes da produtividade estão mais relacionados a questões tecnológicas ou de eficiência produtiva.

Como visto, a produtividade pode ser calculada pela PTF, por meio da técnica conhecida como contabilidade do desenvolvimento. Em 2005, a PTF brasileira foi cerca de 0.39, em uma escala em que a produtividade dos Estados Unidos foi normalizada para 1⁵. Como esse valor pode ser separado entre tecnologia e eficiência?

A abordagem adotada por [Weil \(2009\)](#) é estimar o atraso tecnológico do país, comparado com os Estados Unidos, e depois calcular a eficiência de forma residual. Suponha que o Brasil esteja G anos atrás dos Estados Unidos, tecnologicamente. Seja T o nível de tecnologia. Então, temos que

$$T_{2005, Brasil} = T_{2005-G, US}, \quad (2.3)$$

onde US representa os Estados Unidos.

Suponha que o desenvolvimento tecnológico apresente crescimento constante e igual a g , para todos os países. Então, o nível de tecnologia dos Estados Unidos em 2005 é igual à tecnologia do Brasil em 2005 mais o crescimento de g durante G anos:

$$T_{2005, US} = T_{2005, Brasil} \times (1 + g)^G. \quad (2.4)$$

Portanto, a razão da tecnologia nos dois países é dada por

$$\frac{T_{2005, Brasil}}{T_{2005, US}} = (1 + g)^{-G}. \quad (2.5)$$

Então, a razão das produtividades é obtida como

$$\frac{A_{Brasil}}{A_{US}} = \frac{T_{Brasil}}{T_{US}} \times \frac{E_{Brasil}}{E_{US}}. \quad (2.6)$$

Logo, com valores para g , G e para a razão das produtividades, a razão da eficiência entre dois países quaisquer pode ser calculada. Suponha que o crescimento da tecnologia seja igual ao crescimento da produtividade dos Estados Unidos entre 1970-2005, $g = 0.66\%$, de forma que a eficiência nesse país tenha se mantido constante. Como não se sabe ao certo quantos anos de atraso tecnológico o Brasil tem em relação aos Estados Unidos, a [Tabela 2](#) apresenta a razão da produtividade entre os dois países decomposta entre eficiência e tecnologia, de acordo com diferentes premissas quanto aos anos de atraso tecnológico (G).

⁴ No livro, o autor faz o exercício comparando Índia e Estados Unidos. Como o interesse do presente estudo está na economia brasileira, a comparação aqui é feita entre Brasil e Estados Unidos.

⁵ Os resultados da contabilidade do desenvolvimento para o Brasil são apresentados no [Capítulo 3](#).

Tabela 2 – Decomposição da razão da produtividade entre Brasil e Estados Unidos.

Anos de atraso tecnológico do Brasil com relação aos EUA	Razão da produtividade no Brasil e nos EUA	Razão da tecnologia no Brasil e nos EUA	Razão da eficiência no Brasil e nos EUA
10	0.39	0.92	0.43
20	0.39	0.84	0.46
30	0.39	0.77	0.51
40	0.39	0.70	0.55
50	0.39	0.64	0.60
75	0.39	0.52	0.75
100	0.39	0.42	0.94

Fonte: Elaboração própria com base em [Weil \(2009\)](#) e nos dados da PWT 8.1.

Como se pode observar, no caso da discrepância de produtividade entre Brasil e Estados Unidos, a eficiência é mais relevante, a não ser que se suponha um atraso tecnológico de 50 anos ou mais, quando a tecnologia no Brasil seria 64% do nível nos Estados Unidos, enquanto a eficiência seria 60%. Sendo improvável uma defasagem tecnológica tão grande, já que muitas tecnologias atuais são vistas nos dois países de maneira similar, como o uso de celulares e computadores, por exemplo, então conclui-se que a questão da eficiência é fundamental para explicar diferenças de produtividade entre os países.

2.2 Fatores que afetam a produtividade

2.2.1 Revisão de literatura

São diversos os determinantes da produtividade de um país, e a investigação de quais seriam os principais fatores que influenciam essa variável é um tema já explorado por diversos economistas, desde Adam Smith, que destacou o papel da especialização e da divisão do trabalho ([SMITH, 1776](#)), passando pela ênfase dos economistas clássicos sobre o capital físico⁶, até trabalhos mais recentes que apontam para a importância do ambiente institucional, da qualidade da mão de obra, da estabilidade macroeconômica, de investimentos em tecnologia, entre outros ([World Economic Forum, 2014](#), p. 4)⁷.

Na extensa revisão de literatura sobre os determinantes da produtividade feita por [Isaksson \(2007\)](#), o autor os divide em quatro grupos: criação, transmissão e absorção de

⁶ [World Economic Forum \(2014, p. 4\)](#) cita, por exemplo, os trabalhos de [Schumpeter \(2013\)](#), [Solow \(1956\)](#) e [Swan \(1956\)](#).

⁷ [World Economic Forum \(2014\)](#) sugere a leitura do trabalho de [Sala-I-Martin, Doppelhofer e Miller \(2004\)](#) para uma lista de potenciais determinantes do crescimento econômico.

conhecimento (entendido como nível de desenvolvimento tecnológico); oferta de fatores e alocação eficiente; instituições, integração (comércio) e invariantes (questões geográficas); e competição (abrangendo medidas como privatização, proteção de mercados e regulação de monopólios), dimensão social (distribuição de renda, segurança econômica para os trabalhadores, nível de pobreza e exclusão social, entre outros fatores sociais) e meio ambiente (envolvendo questões como degradação ambiental e uso de recursos naturais).

Isaksson (2007) identificou diversos fatores que influenciam a PTF, ou que pelo menos estão correlacionados com seu crescimento. Entre eles, capital humano (tanto educação quanto saúde), infraestrutura, importação (mas não comércio em geral), instituições, nível de abertura, competição (principalmente medidas de privatização), desenvolvimento do mercado financeiro, geografia e intensidade de capital na economia ocuparam posições de destaque, afetando a PTF de forma direta e indireta. As evidências empíricas ligando crescimento da PTF a mudanças estruturais, dimensão social e questões de meio ambiente ainda são inconclusivas. Inovação e investimentos em P&D são importantes para nações industrializadas, mas ainda há pouca evidência da importância dessas variáveis em países em desenvolvimento.

Para Danquah, Moral-Benito e Ouattara (2014), apesar de ser consensual que a PTF explica a maior parte do crescimento do produto, a pesquisa empírica sobre seus determinantes ainda é limitada. Além disso, os estudos feitos nessa área normalmente focam no efeito de variáveis específicas sobre a produtividade. Os autores citam os trabalhos de Benhabib e Spiegel (1994), Benhabib e Spiegel (2005) e Vandenbussche, Aghion e Meghir (2006) sobre o efeito do capital humano no crescimento da PTF, de Miller e Upadhyay (2000) sobre a relação de abertura e orientação comercial sobre a PTF, e o estudo de Kneller e Stevens (2006) sobre as diferenças de capital humano e P&D, entre os países da OCDE, que levam a diferenças de PTF entre esses países. No entanto, segundo os autores, “[...]no systematic attempt has been made to search for the main determinants of TFP growth in the spirit of Barro regressions” (DANQUAH; MORAL-BENITO; OUATTARA, 2014, p. 229).

Segundo Danquah, Moral-Benito e Ouattara (2014), os potenciais determinantes da PTF podem ser agrupados em seis categorias: variáveis macroeconômicas, como tamanho do governo; abertura comercial, criação de conhecimento e variáveis de transmissão de conhecimento; oferta de fatores, como educação dos trabalhadores; variáveis institucionais; geografia; e variáveis demográficas.

Utilizando técnicas de análise de fronteira para obter medidas da PTF e empregando o método de ponderação Bayesiana de modelos (*Bayesian model averaging*) para lidar com o problema de incerteza sobre o modelo teórico por trás dos dados, os autores encontram que fatores específicos dos países, correlacionados com outros regressores, desempenham papel fundamental para explicar as diferenças de PTF entre os países, o que confirma

a importância de se considerar características não observadas dos países em modelos de regressão. Controlando para o efeito fixo, os principais determinantes da PTF foram o nível de abertura comercial e o consumo privado (recíproco da taxa de poupança privada) (DANQUAH; MORAL-BENITO; OUATTARA, 2014).

Buccirossi et al. (2013) analisam o efeito de políticas pró-competição no mercado de bens e serviços sobre o crescimento da produtividade, utilizando uma amostra de 22 indústrias em 12 países da OCDE. Os autores constroem 5 indicadores para mensurar a efetividade das políticas pró-competição nos diferentes países, e concluem que existe uma relação positiva e significativa entre essas políticas e o crescimento da PTF.

Segundo Acemoglu (2008), as explicações e causas fundamentais do crescimento econômico distinto entre países, que podem ser entendidas como causas fundamentais do crescimento da produtividade, dado o peso dessa variável no crescimento econômico, podem ser agrupadas em quatro conjuntos de explicações/determinantes: a sorte ou múltiplos equilíbrios, de forma que sociedades com as mesmas características em um período inicial (mesmas oportunidades, preferências, etc.) seguiram caminhos diferentes e acabaram em situações muito distintas de desenvolvimento econômico, por conta do acaso; diferenças geográficas, que afetam a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, além de explicações que tentam relacionar o clima com a propensão ao trabalho dos indivíduos, por exemplo; diferenças culturais, que determinam os valores, preferências e crenças dos indivíduos, influenciando o comportamento destes; e questões institucionais, que colocam restrições ao comportamento dos indivíduos e geram os incentivos que estão por trás das decisões de investimento, de trabalho e de troca entre as pessoas.

De acordo com Acemoglu (2008), os determinantes relacionados ao último conjunto teriam mais sucesso para explicar as diferenças de renda e produtividade entre os países, dada a existência de casos contra-factuais para explicações geográficas e culturais, e devido ao fato de que as explicações de equilíbrios múltiplos não trazem elementos novos e profícuos para o debate sobre desenvolvimento econômico distinto entre países.

A seguir, são apresentados os componentes do índice GCI que são considerados nos modelos de regressão estimados no Capítulo 7.

2.2.2 Descrição dos determinantes considerados no modelo empírico

Como pode ser visto, há diversos determinantes da produtividade, sendo que qualquer tentativa de analisar todos eles seria impraticável, tanto devido à falta de dados quanto à falta de parcimônia em um modelo empírico tão complexo. Sendo assim, o presente estudo se baseará na análise dos indicadores que formam o índice GCI, particularmente, os chamados pilares de competitividade, os subíndices formados por estes e o índice geral.

Nessa seção, são apresentados, de forma breve, os 12 pilares de competitividade,

que compõem o indicador GCI e levam em consideração grande parte dos determinantes da produtividade encontrados na literatura⁸. Também são descritos os subíndices, que agrupam os pilares de acordo com sua importância para economias em diferentes estágios de desenvolvimento, e como eles são ponderados no cálculo do índice final. Os detalhes sobre a metodologia de cálculo do GCI são apresentados no [Apêndice A](#), incluindo os indicadores utilizados, suas fontes e o peso atribuído a cada um.

Os pilares, identificados em [Sala-I-Martín et al. \(2015\)](#), são: instituições, infraestrutura, ambiente macroeconômico, saúde e ensino básico, ensino superior e treinamento, eficiência do mercado de produtos, eficiência do mercado de trabalho, desenvolvimento do mercado financeiro, capacidade de absorção tecnológica, tamanho do mercado, sofisticação do ambiente de negócios, e inovação.

a) Instituições;

[North \(1991\)](#) define instituições como “restrições criadas pelo homem que estruturam as interações políticas, econômicas e sociais”⁹. Segundo [Sala-I-Martín et al. \(2015\)](#), instituições são formadas por dois conjuntos de restrições: as leis e regras formais, que instituem restrições legais aos indivíduos, juntamente com os mecanismos de cumprimento dessas leis; e pelas restrições informais, como normas de comportamento, convenções e códigos de conduta, além da governança corporativa das empresas.

Ao moldar os incentivos e diminuir riscos, garantindo um ambiente estável para que indivíduos e empresas possam se organizar e realizar transações, as instituições são de fundamental importância para a prosperidade das sociedades. Essa importância tem suporte em diversos estudos empíricos sobre crescimento econômico. Por exemplo, [Hall e Jones \(1999\)](#) encontram evidências de que a produtividade e a acumulação de capital são explicadas, em grande parte, pelo que eles denominam de infraestrutura social, que depende principalmente de instituições que garantem direito de propriedade¹⁰.

As instituições abrangem bem mais que o ambiente legal dos países. Ações governamentais sobre os mercados e as liberdades individuais, além da eficiência de suas operações, também são fundamentais para o crescimento econômico e a produtividade. Assim, o excesso de burocracia e regulação e a eficiência e qualidade dos serviços públicos, além da corrupção, são importantes entraves

⁸ Como colocado por [Sala-I-Martín e Artadi \(2004\)](#) sobre o próprio nome do índice, “[...]We call it “Global” because the index is destined to become the flagship index of the Global Competitiveness Report, and because it is meant to capture the entirety of factors that help determine the productivity of nations”.

⁹ Tradução própria do trecho: “Institutions are humanly devised constraints that structure political, economic and social interaction”([NORTH, 1991](#), p. 98).

¹⁰ Ver também [Acemoglu, Johnson e Robinson \(2001\)](#) e [Rodrik, Subramanian e Trebbi \(2004\)](#) sobre a importância das instituições no crescimento econômico.

ao desenvolvimento econômico. Outra dimensão importante das instituições diz respeito à administração das finanças públicas, que garante um ambiente econômico confiável; dessa forma, esse pilar também considera medidas das condições das finanças públicas, em complemento ao pilar que trata do ambiente macroeconômico.

Entre as instituições consideradas importantes para o desenvolvimento econômico e a produtividade, destacam-se: direitos de propriedade, segurança pessoal para os indivíduos, transparência das instituições e organizações, tanto privadas quanto públicas, eficiência do setor público, ausência de corrupção, democracias com separação dos poderes, judiciário independente e, do lado das empresas privadas, altos níveis de governança corporativa.

b) Infraestrutura.

A disponibilidade de uma boa infraestrutura para locomoção e comunicação está diretamente relacionada ao crescimento econômico e produtividade, por razões diversas: de forma direta, facilita o transporte de produtos e pessoas, as ideias e informações fluem mais facilmente na sociedade, promove a integração de mercados, possibilita diferentes formas de organização produtiva, diminui custos de transação, tornando mais eficiente a alocação de recursos, entre outras. De forma indireta, a infraestrutura afeta a produtividade de um país ao possibilitar o acesso das pessoas a serviços básicos de saneamento, educação e saúde, aumentando o capital humano disponível (SALA-I-MARTÍN et al., 2015).

Canning e Pedroni (1999) e Gramlich (1994) apresentam evidências da relação positiva e significativa entre infraestrutura e crescimento econômico.

Os fatores considerados nesse pilar são a quantidade e qualidade do transporte, de energia elétrica e de tecnologias de informação e comunicação.

c) Ambiente macroeconômico.

A estabilidade macroeconômica, entendida como um ambiente macroeconômico estável com baixa inflação e uma política fiscal sustentável (FISCHER, 1993), cria um ambiente previsível para empresários, consumidores e trabalhadores tomarem decisões de produção e alocação de recursos, contribuindo, dessa forma, para o aumento da produtividade. Segundo World Economic Forum (2014):

[...] Although it is certainly true that macroeconomic stability alone cannot increase the productivity of a nation, it is also recognized that macroeconomic disarray harms the economy, as we have seen in recent years, conspicuously in the European context. The government cannot provide services efficiently if it has to make high-interest payments on its past debts. Running fiscal deficits limits the government's future ability to

react to business cycles. Firms cannot operate efficiently when inflation rates are out of hand. In sum, the economy cannot grow in a sustainable manner unless the macro environment is stable. [...] ([World Economic Forum, 2014](#), p. 6)

d) Saúde e ensino básico.

O estado de saúde dos trabalhadores e da população em geral não apenas significa uma melhor qualidade de vida para a população de um país, como também impacta na produção da economia. O impacto direto se dá de duas formas: primeiro, um trabalhador saudável tem mais capacidade física e mental para realizar um melhor trabalho; segundo, menor é a abstenção no trabalho por conta de doenças. De forma indireta, crianças mais saudáveis têm um desempenho melhor na escola e desenvolvem melhores habilidades cognitivas, aumentando o nível de capital humano do país. A maior expectativa de vida das pessoas aumenta o retorno de investimentos de longo prazo, como educação, além de aumentar o incentivo das pessoas a pouparem para o futuro, o que eleva a taxa de poupança e o investimento da economia ([SALA-I-MARTÍN et al., 2015](#), p. 49).

Alguns autores sugerem a inclusão de medidas da saúde da população como um fator de produção ou no cálculo do capital humano do país. [Weil \(2007\)](#), por exemplo, argumenta que na função de produção da [Equação 2.1](#), a saúde da população deveria ser considerada como um fator de produção, juntamente com capital físico e humano. Nesse caso, a saúde tende a afetar a produção do país, mas não a PTF, que já estaria levando em conta o efeito dessa variável.

O mesmo acontece com a educação primária, que também é considerada nesse pilar (tanto a quantidade quanto a qualidade da educação básica). Ou seja, apesar de a educação ter um efeito positivo sobre a produção de um país, conforme sugerem diversos estudos¹¹, medidas de PTF normalmente já buscam levar em consideração esse efeito, de forma que esse pilar, teoricamente, não afetaria essas medidas - o que depende da qualidade das medidas de capital humano adotadas.

e) Ensino superior e treinamento.

Educação representa o conjunto de habilidades, conhecimentos e competências dos trabalhadores, que aumentam tanto a capacidade produtiva do trabalhador individual, quanto possibilitam processos produtivos mais complexos. Maiores níveis de educação são obtidos tanto por meio da educação formal, com ênfase para os anos de escolaridade da população e a qualidade do ensino, quanto por experiência e treinamentos dos trabalhadores.

¹¹ Ver, por exemplo, [Caselli \(2005\)](#) e os capítulos sobre capital humano de [Acemoglu \(2008\)](#) e de [Weil \(2009\)](#).

O impacto da educação na produtividade do trabalho já foi testado empiricamente em diversos estudos. [Barro e Lee \(2013\)](#), por exemplo, encontram que o produto por trabalhador no mundo aumentaria cerca de 2% para cada ano adicional de escolaridade, enquanto [Acemoglu \(2008\)](#) coloca que o retorno encontrado na literatura empírica para a educação é de cerca de 6-10% de renda para cada ano adicional de escolaridade.

A mesma discussão do tópico anterior, sobre o efeito do pilar em questão sobre a PTF, cabe aqui: caso a medida de produtividade total dos fatores leve em consideração, de certa forma, os indicadores que compõem esse pilar, espera-se um efeito baixo ou nulo deste sobre a PTF, embora a educação superior e o treinamento dos trabalhadores impactem positivamente a produção de um país.

f) Eficiência do mercado de produtos.

A existência de competição, tanto doméstica quanto internacional, no mercado de bens e serviços é um importante fator para gerar eficiência dos participantes desses mercados, aumentando assim a produtividade na economia, ao fazer com que as firmas mais eficientes permaneçam e prosperem. Um ambiente propício para o comércio e a produção também pressupõe um mínimo de intervenção do governo que impeça a atividade econômica, por meio da criação de impostos e taxas distorcivas e onerosas, por exemplo, ou de regras discricionárias sobre investimento estrangeiro direto (que limitam a propriedade de estrangeiros), ou ainda restrições sobre o comércio exterior ([World Economic Forum, 2014](#), p. 7).

A eficiência do mercado de bens e serviços também depende das condições da demanda, como orientação para o cliente e sofisticação do comprador, que, por razões culturais ou históricas, podem diferir entre países, criando pressões diferentes para inovação e eficiência das empresas ([World Economic Forum, 2014](#), p. 7).

g) Eficiência do mercado de trabalho.

A flexibilidade no mercado de trabalho, que inclui a capacidade de realocar trabalhadores de forma rápida e a um baixo custo e de alterar os salários de forma mais livre, ajuda a melhorar a alocação da mão de obra, aumentando a eficiência produtiva da economia. [Hopenhayn e Rogerson \(1993\)](#), por exemplo, mostram que políticas de proteção ao emprego, como regulações mais rígidas para demissão de empregados, levam a uma diminuição no emprego, consumo e produtividade.

Outros estudos mostram que políticas de pagamento baseado em performance aumentam a produtividade dos trabalhadores (ver [Lazear \(2000\)](#) e [Booth e Frank \(1999\)](#)), enquanto políticas que tratam alguns empregados de forma

desigual (garantindo estabilidade excessiva para alguns, por exemplo) diminuem a produtividade (ver [Boeri e Garibaldi \(2007\)](#)).

h) Desenvolvimento do mercado financeiro.

Segundo o relatório *Global Competitiveness Report* de 2015-2016, baseado em [Tobin \(1984\)](#), um mercado financeiro eficiente é caracterizado por preços que refletem todas as informações públicas disponíveis, pela ausência de bolhas especulativas, pela capacidade de gerir riscos por meio de operações de *hedge*, e pela capacidade de alocar a poupança para os melhores investimentos (com maior retorno para o mesmo nível de risco).

Um mercado financeiro eficiente aumenta a produtividade de quatro maneiras principais. Primeiro, possibilita que os riscos sejam realocados e divididos na economia, o que permite o investimento em projetos maiores e mais arriscados. Segundo, melhora a alocação de capital dos poupadores para projetos mais rentáveis e produtivos. Terceiro, bancos e outros intermediários financeiros têm menor custo de monitoramento e mais informações sobre os demandantes de recursos. Por último, ao prover um sistema de pagamentos eficiente, o setor bancário diminui os custos de transação na economia.

i) Capacidade de absorção tecnológica.

Esta categoria de competitividade consiste em uma medida da agilidade em que uma economia adota tecnologias existentes¹², com especial destaque para a capacidade de utilização de tecnologias da informação e comunicação (TIC) nas atividades diárias e processos de produção, permitindo o aumento da eficiência e inovação.

As barreiras à adoção de tecnologia dependem de diversos fatores, alguns já identificados em outros pilares de competitividade: instituições, educação, abertura comercial, distância geográfica, entre outros ([PARENTE; PRESCOTT, 1994](#); [BARRO; MARTIN, 1997](#); [COMIN; HOBIJN, 2010](#)). Outra variável que está relacionada com a capacidade de absorção de novas tecnologias é o Investimento Estrangeiro Direto (IED), conforme bem documentado na literatura ([SALA-I-MARTÍN et al., 2015](#), p. 52).

A questão de se a tecnologia foi desenvolvida internamente ou em outros países é irrelevante nesse pilar. O ponto central é o acesso das firmas às novas tecnologias e a capacidade das mesmas de absorvê-las e utilizá-las. O potencial de um país de desenvolver tecnologia de ponta e criar inovações é mensurado pelo último pilar, de inovação.

¹² O conceito de tecnologia envolve tanto aquela embutida em produtos, máquinas e materiais, como processos produtivos.

j) Tamanho do mercado.

O tamanho do mercado, que depende tanto do mercado doméstico quanto da integração do país ao mercado internacional, afeta a produtividade por diversas vias.

Um mercado maior gera ganhos com economia de escala na produção. Por exemplo, bens públicos como justiça, defesa e infraestrutura, tendem a ter custo fixo elevado e baixo custo marginal, possibilitando ganhos de escala com um maior número de usuários ou pagadores de impostos (SALA-I-MARTÍN et al., 2015, p. 53).

Outra forma é com incentivos à inovação, uma vez que o desenvolvimento de novas tecnologias e ideias é mais rentável em mercados maiores. Romer (1990), explora essa ideia e conclui, por meio de um modelo de crescimento endógeno via progresso tecnológico, que a integração com o mercado mundial aumenta o crescimento econômico. Além disso, o tamanho do mercado possibilita maiores ganhos com especialização da produção, conforme proposto por Adam Smith em seu clássico livro (SMITH, 1776).

A relação positiva entre abertura comercial e crescimento econômico é suportada por diversos trabalhos empíricos, entre os quais pode-se citar Frankel e Romer (1999), Rodriguez e Rodrik (2001) e Feyrer (2009).

k) Sofisticação do ambiente de negócios.

A sofisticação do ambiente de negócios abrange dois elementos que estão intimamente relacionados: a qualidade das redes de negócios em um país como um todo e a sofisticação das operações e estratégias das empresas individuais. Segundo World Economic Forum (2014):

[...] The quality of a country's business networks and supporting industries, as measured by the quantity and quality of local suppliers and the extent of their interaction, is important for a variety of reasons. When companies and suppliers from a particular sector are interconnected in geographically proximate groups, called clusters, efficiency is heightened, greater opportunities for innovation in processes and products are created, and barriers to entry for new firms are reduced. Individual firms' advanced operations and strategies (branding, marketing, distribution, advanced production processes, and the production of unique and sophisticated products) spill over into the economy and lead to sophisticated and modern business processes across the country's business sectors. (World Economic Forum, 2014, p. 8)

l) Inovação.

Esse pilar trata da capacidade de inovação tecnológica dos países. Embora ganhos substanciais de competitividade podem ser obtidos ao se melhorar

as instituições, infraestrutura, o ambiente macroeconômico ou aumentando o capital humano, esses fatores eventualmente apresentam retornos marginais decrescentes. Esse pilar, portanto, é relevante, principalmente, para países que atingiram um estágio avançado de desenvolvimento em outras áreas, onde as firmas devem criar e desenvolver novos produtos e processos para continuarem competitivas e elevarem ainda mais a produtividade de seus trabalhadores.

Alguns modelos e estudos focam na importância de investimentos formais em pesquisa e desenvolvimento para criação de novos produtos e processos. Eles apontam um sistema eficiente e acessível de patentes, onde as empresas se deparam com incentivos à inovação, como fatores que influenciam na quantidade de investimentos em P&D que as empresas realizam.

Pesquisas recentes apontam para a importância também de inovações não ligadas à investimentos formais em P&D. Por exemplo, inovação em gestão, organização da produção, práticas no trabalho, entre outras melhorias, podem aumentar a eficiência produtiva de uma empresa. Esse tipo de inovação está relacionado a ambientes que propiciam a colaboração, a conectividade, o pensamento crítico e criativo, a diversidade e o confronto de ideias, além de depender da disponibilidade e qualidade do capital humano ([SALA-I-MARTÍN et al., 2015](#), p. 53).

A geração de ideais é somente o primeiro passo para a inovação, que pressupõe trazer as inovações para o mercado e implementá-las concretamente. Esta categoria, portanto, está relacionada com a capacidade das firmas em implementarem as inovações e ofertá-las no mercado. Isso depende, em grande parte, de uma cultura corporativa que promova o uso e adoção de novas tecnologias, o desenvolvimento de novos modelos de negócios, e que explore tecnologias existentes de formas diferentes e inovadoras.

Outros aspectos que influenciam na implementação de ideias inovadoras são: disponibilidade de financiamento de risco (venture capital); disponibilidade de capital humano, conforme discutido no pilar “ensino superior e treinamento”; e capacidade de promover produtos novos via investimentos em marketing ([KAISER, 2001](#)).

Embora todos os aspectos cobertos nos diversos pilares são importantes para todos os tipos de economia, eles afetam os países de maneiras distintas, a depender do nível de desenvolvimento e complexidade econômica do sistema produtivo ([SALA-I-MARTÍN et al., 2015](#)).

Seguindo esse raciocínio, o GCI agrupa os pilares em três subíndices que, supõe-se, apresentam importância crescente quanto mais desenvolvido o país. O primeiro subíndice, chamado de “requisitos básicos”, engloba os pilares mais importantes para a compe-

titividade de países que estão em estágios iniciais de desenvolvimento: “instituições”, “infraestrutura”, “ambiente macroeconômico” e “saúde e ensino básico”. O segundo subíndice é denominado “potencializadores de eficiência” e é formado pelos pilares “ensino superior e treinamento”, “eficiência do mercado de produtos”, “eficiência do mercado de trabalho”, “desenvolvimento do mercado financeiro”, “capacidade de absorção tecnológica” e “tamanho do mercado”, essenciais para aquelas economias um pouco mais desenvolvidas, cujos aumentos de competitividade dependem mais de melhorias na eficiência dos mercados e da disponibilidade de mão de obra qualificada. Os dois pilares restantes, “sofisticação do ambiente de negócios” e “inovação”, importam mais para países que já possuem um alto nível de desenvolvimento e formam o terceiro subíndice, chamado de “fatores de inovação”.

A [Tabela 3](#) exhibe a estrutura dos três subíndices do GCI. Cada subíndice é dado pela média aritmética simples dos pilares que o compõem.

Tabela 3 – Lista dos pilares que compõem os três subíndices do GCI.

Requisitos básicos	Potencializadores de eficiência	Fatores de inovação
Instituições	Ensino Superior e Treinamento	Sofisticação do Ambiente de Negócios
Infraestrutura	Eficiência do Mercado de Produtos	Inovação
Ambiente Macroeconômico	Eficiência do Mercado de Trabalho	
Saúde e Ensino Básico	Desenvolvimento do Mercado Financeiro	
	Capacidade de Absorção Tecnológica	
	Tamanho do Mercado	

Fonte: Elaboração própria.

Para computar o índice final, cada país é classificado em um estágio de desenvolvimento ou na zona de transição entre dois estágios. São usados dois critérios para classificar os países. O primeiro é o PIB per capita em paridade de poder de compra. Os patamares usados para distinguir os estágios são exibidos na [Tabela 4](#). Um segundo critério é usado para países que, baseados no PIB per capita, estariam em níveis superiores ao estágio 1, mas nos quais essa prosperidade vem, primordialmente, da extração de recursos naturais, sendo usado como *proxy* o percentual das exportações de produtos minerais nas exportações totais acima de 70%. Países exportadores de recursos minerais (percentual acima de 70%) que possuem níveis de renda significativamente acima da média dos países que compõem a fronteira tecnológica¹³, são classificados como pertencentes ao terceiro

¹³ Os países que compõem a fronteira tecnológica são os 10 países com maior número de patentes per capita.

estágio.

O peso atribuído a cada subíndice, no cálculo do GCI final, muda de acordo com o estágio de desenvolvimento em que o país é classificado, segundo a [Tabela 4](#) abaixo. Para os países que estão entre dois estágios, os pesos refletem essa transição, mudando conforme o país se desenvolve para um novo estágio.

Tabela 4 – Faixa de renda e pesos dos 3 subíndices usados no cálculo final do GCI, segundo os estágios de desenvolvimento.

	Estágios de desenvolvimento				
	Estágio 1	Transição	Estágio 2	Transição	Estágio 3
PIB per capita em US\$	<2.000	2.000-2.999	3.000-8.999	9.000-17.000	>17.000
Pesos					
Requisitos básicos	60%	40-60%	40%	20-40%	20%
Potencializadores de eficiência	35%	35-50%	50%	50%	50%
Fatores de inovação	5%	5-10%	10%	10-30%	30%

Como pode ser visto pela descrição dos pilares e subíndices, essas variáveis estão intimamente relacionadas entre si, o que torna mais complexa a tarefa de tentar separar os indicadores em diferentes conjuntos. Uma das consequências é a alta correlação entre as variáveis, como pode ser visto na [Figura 15](#) do [Capítulo 7](#), o que pode causar o problema de multicolinearidade. Não obstante, a categorização auxilia enxergar o efeito de diferentes aspectos da competitividade dos países sobre a produtividade, medida pela PTF.

3 Metodologia de cálculo da PTF

Há diversas metodologias para estimação da PTF, sendo que [Mawson, Carlaw e McClellan \(2003\)](#) reportam quatro principais: a abordagem pela contabilidade do desenvolvimento, a de número índice, a abordagem baseada em uma função distância e o cálculo da produtividade via modelos econométricos. Nesse estudo, analisa-se a PTF empregando-se a abordagem da contabilidade do desenvolvimento, que consiste em uma técnica utilizada para desagregar o produto por trabalhador em diferenças na produtividade (PTF) e na acumulação de fatores de produção, por meio da estimação da contribuição dos fatores dentro de uma função de produção, sendo a PTF é obtida de forma residual.

Tradicionalmente, os fatores considerados na função de produção eram capital e trabalho, deixando de fora da análise outros fatores de produção. Como a PTF é uma medida residual, ela acaba refletindo fatores que são omitidos. Buscando melhor esclarecer esse resíduo, a literatura de crescimento econômico incorporou, ao longo dos anos, outros fatores na função de produção, sendo que o capital humano já é adotado na maioria dos trabalhos empíricos, principalmente depois do trabalho seminal de [Mankiw, Romer e Weil \(1992\)](#), que explorou a importância de se considerar o capital humano na função de produção, obtendo um melhor ajuste do modelo aos dados. Tendo em vista a disponibilidade de dados para se estimar o capital humano, ele será incluído como um dos fatores de produção, acompanhando o que é feito em grande parte dos trabalhos na área, que já partem do chamado Modelo de Solow Ampliado.

3.1 Função de produção

3.1.1 Função de produção Cobb-Douglas

Seja uma função de produção dada por $Y = F(A, K, L, h)$, em que o produto Y da economia depende do capital físico (K), do trabalho (L), do capital humano por trabalhador (h) e do termo A , que representa a Produtividade Total dos Fatores (PTF). Seguindo [Hall e Jones \(1999\)](#), [Gomes, Pessôa e Veloso \(2003\)](#) e [Filho, Pessôa e Veloso \(2010\)](#), suponha que $F(\cdot)$ seja dada por uma Cobb-Douglas com retornos constantes de escala e que a produtividade (A) seja do tipo Hicks-neutra¹. Então o produto é dado por:

$$Y = AK^\alpha(Lh)^{1-\alpha}. \quad (3.1)$$

O parâmetro α é a elasticidade do produto em relação ao capital, que em equilíbrio competitivo se iguala à participação do capital na renda.

¹ A produtividade Hicks-neutra implica que as mudanças de produtividade não alteram a taxa marginal de substituição entre os fatores

Alguns autores, como [Mankiw, Romer e Weil \(1992\)](#), separam o coeficiente do capital humano daquele do trabalho, de forma que a função de produção fica

$$Y = AK^\alpha H^\beta L^{1-\alpha-\beta}, \quad (3.2)$$

onde H é o estoque de capital humano.

A [Equação 3.1](#), que será utilizada no cálculo da PTF, é o caso especial em que $\beta = 1 - \alpha$ e o estoque de capital humano é dado por $H = Lh$.

Com base na [Equação 3.1](#), a PTF é obtida por

$$A = \frac{Y}{K^\alpha (Lh)^{1-\alpha}}. \quad (3.3)$$

3.1.2 Função de produção translog

Uma das novidades da *Penn World Table* 8.1 é a inclusão de medidas da PTF, baseadas na função de produção translog, que é uma generalização da função Cobb-Douglas e permite que as elasticidades de substituição entre os fatores sejam diferentes entre países e ao longo do tempo. Seguindo a metodologia de cálculo apresentada em [Feenstra, Inklaar e Timmer \(2013\)](#), essas medidas foram replicadas nesse estudo, bem como variações das mesmas, tendo em vista diferentes parâmetros da função e diferentes estimativas para quantidade de trabalho.

A função translog com L fatores de produção é dada pela equação:

$$\ln Y = \ln A + \sum_{l=1}^L \beta_l \cdot \ln v_l + \frac{1}{2} \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^L \beta_{lj} \cdot \ln v_l \cdot \ln v_j, \quad (3.4)$$

onde A , β_l e β_{lj} , $l, j = 1, \dots, L$, são parâmetros da função, e v_l , $l = 1, \dots, L$, são os fatores de produção.

Seja $r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)$ a função de receita ou PIB nominal do país j , que depende do vetor de preços $\mathbf{\Pi}$ e do vetor de fatores de produção $\mathbf{v}_j$, formado pelos fatores v_{lj} , $l = 1, \dots, L$, alocados segundo uma tecnologia r_j . De forma análoga, defina o PIB nominal do país k , $r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)$. A razão dos dois termos, $r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)/r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)$, mostra a relação do produto real dos dois países, de forma que diferentes tecnologias (produtividade) e dotações de recursos (fatores de produção) geram diferentes razões dos produtos reais. O efeito da produtividade pode ser calculado de duas maneiras:

$$A_j \equiv \frac{r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)}{r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)} \quad (3.5)$$

e

$$A_k \equiv \frac{r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)}{r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)}. \quad (3.6)$$

Ambas as medidas calculam a produtividade mantendo o vetor de fatores de produção constante entre as economias. No entanto, nenhuma das medidas pode ser

estimada diretamente dos dados, pois as funções de receita utilizam a tecnologia de um país e os recursos de outro.

Caves, Christensen e Diewert (1982a), Caves, Christensen e Diewert (1982b) e Diewert e Morrison (1986) mostram que se a função receita (ou função de produção) possui uma forma funcional translog, então é possível obter a média geométrica das duas razões. Com base nisso, Feenstra, Inklaar e Timmer (2013) estabelecem o resultado a seguir.

Assuma que $r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)$ e $r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)$ são funções translog homogêneas de grau um em $\mathbf{v}$ e que têm os mesmos parâmetros de segunda ordem nos fatores de produção², mas podem ter diferentes parâmetros nos preços e nos termos de interação por conta de diferenças tecnológicas entre os países. Então a produtividade do país j com relação ao país k pode ser calculada por:

$$(A_j A_k)^{\frac{1}{2}} = \frac{r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j)}{r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k)} / Q_T(\mathbf{v}_j, \mathbf{v}_k, \mathbf{w}_j^*, \mathbf{w}_k^*), \quad (3.7)$$

onde $Q_T(\mathbf{v}_j, \mathbf{v}_k, \mathbf{w}_j^*, \mathbf{w}_k^*)$ é o índice de quantidade de Törnqvist, definido por:

$$\ln Q_T(\mathbf{v}_j, \mathbf{v}_k, \mathbf{w}_j^*, \mathbf{w}_k^*) = \sum_{l=1}^L \frac{1}{2} \left(\frac{w_{lj}^* v_{lj}}{\sum_m w_{mj}^* v_{mj}} + \frac{w_{lk}^* v_{lk}}{\sum_m w_{mk}^* v_{mk}} \right) \ln \left(\frac{v_{lj}}{v_{lk}} \right), \quad (3.8)$$

onde $w_{lj}^* = \partial r_j(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_j) / \partial v_{lj}$, $w_{lk}^* = \partial r_k(\mathbf{\Pi}, \mathbf{v}_k) / \partial v_{lk}$, que, sob a premissa de mercados competitivos de fatores de produção e de produtos, são iguais aos preços dos fatores e produtos, dados pelo vetor de preços $\mathbf{\Pi}$.

Aplicando essas equações para as séries presentes na base de dados da PWT, e assumindo mercados competitivos de fatores de produção e de produtos, obtém-se as seguintes expressões para o cálculo da PTF:

$$\frac{PTF_{jt}}{PTF_{kt}} = \frac{PIB_{jt}}{PIB_{kt}} / Q_{jk,t}, \quad (3.9)$$

em que $Q_{jk,t}$ é dado por

$$Q_{jk,t} = \frac{1}{2} (LABSH_{jt} + LABSH_{kt}) \left(\frac{L_{jt}}{L_{kt}} \frac{h_{jt}}{h_{kt}} \right) + \left[1 - \frac{1}{2} (LABSH_{jt} + LABSH_{kt}) \right] \left(\frac{K_{jt}}{K_{kt}} \right). \quad (3.10)$$

PIB representa o PIB real em termos de paridade de poder de compra, $LABSH$ é a fração da renda do país referente ao fator trabalho ($1 - \alpha$), L é o número de trabalhadores ou as horas trabalhadas, K é o estoque de capital físico, em termos de paridade de poder de compra, e h é o capital humano por trabalhador. Essas variáveis, disponíveis na PWT, são tratadas com maiores detalhes na seção 5.1.

² A restrição para a igualdade dos parâmetros de segunda ordem das dotações de recursos restringe a produtividade para o tipo Harrod-neutro sobre os fatores.

De forma análoga, o crescimento da produtividade entre dois períodos, t e $t - 1$, para um país j específico, é dado por:

$$\frac{PTF_{jt}}{PTF_{jt-1}} = \frac{PIB_{jt}}{PIB_{jt-1}} / Q_{jt,t-1}, \quad (3.11)$$

em que $Q_{jt,t-1}$ é dado por

$$Q_{t,t-1} = \frac{1}{2} (LABSH_t + LABSH_{t-1}) \left(\frac{L_t}{L_{t-1}} \frac{h_t}{h_{t-1}} \right) + \left[1 - \frac{1}{2} (LABSH_t + LABSH_{t-1}) \right] \left(\frac{K_t}{K_{t-1}} \right), \quad (3.12)$$

3.2 Fatores de produção

3.2.1 Capital físico

Uma medida adequada de capital físico deve refletir o fluxo de serviços dos ativos existentes. Como esse fluxo não é diretamente observável, o que se faz, na prática, é assumir que ele é proporcional ao valor do estoque de capital. Segundo [Mawson, Carlaw e McClellan \(2003\)](#), há dois principais métodos para estimar o estoque de capital físico: o do estoque de capital bruto e do inventário perpétuo (estoque de capital líquido).

Nesse estudo, utiliza-se a série de estoque de capital da PWT 8.1, que é calculada por meio do método do inventário perpétuo, que permite que o fluxo de serviços do ativo diminua com o tempo, por conta de sua depreciação. Seu cálculo é dado pela seguinte equação:

$$K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t, \quad (3.13)$$

onde K é o capital físico acumulado, δ a taxa de depreciação e I_t o investimento realizado no período t .

3.2.2 Capital humano

A capacidade produtiva do trabalhador depende não só de sua presença física, como capturado por L na [Equação 3.1](#), mas também de suas habilidades, conhecimentos, e até mesmo de sua condição física (saúde), características que deveriam ser mensuradas pelo nível de capital humano por trabalhador, h .

Grande parte dos trabalhos que usam a contabilidade do desenvolvimento estima o capital humano apenas levando em conta os anos de escolaridade médio dos trabalhadores, estimando a contribuição de cada ano adicional de escolaridade por meio de uma função minceriana ([MINCER, 1974](#)) de acumulação de capital humano. Seguindo [Hall e Jones \(1999\)](#),

$$h = e^{\phi(s)}, \quad (3.14)$$

em que s representa os anos de escolaridade médio dos trabalhadores do país. A função ϕ , portanto, reflete a eficiência produtiva de uma unidade de trabalho com s anos de educação formal, sendo a derivada $\phi'(s)$ o aumento marginal da eficiência do trabalhador com s anos de educação.³

No presente trabalho, os valores de capital humano por trabalhador serão obtidos diretamente da base de dados da PWT, que utiliza a metodologia adotada em [Caselli \(2005\)](#)⁴, em que a função $\phi(\cdot)$ é dada por

$$\phi(s) = \begin{cases} 0.13 & \text{se } s \leq 4 \\ 0.10 & \text{se } 4 < s \leq 8 \\ 0.07 & \text{se } s > 8 \end{cases} \quad (3.15)$$

O formato em escada do retorno da educação reflete a ideia de que ele é diferente de acordo com o estoque acumulado previamente, ou seja, a educação exhibe retornos marginais decrescentes.⁵

³ A justificativa para a forma da função de acumulação de capital humano vem da literatura sobre retorno salarial da educação, em que, normalmente, a relação entre salário e anos de escolaridade é assumida como log-linear.

⁴ A metodologia de cálculo das variáveis da PWT é tratada em [Feenstra, Inklaar e Timmer \(2013\)](#).

⁵ No trabalho de [Gomes, Pessoa e Veloso \(2003\)](#), a função ϕ é dada por

$$\phi(E_t) = \frac{\theta}{1-\psi} E_t^{1-\psi},$$

com os parâmetros $\theta > 0$ e $0 < \psi < 1$.

4 Modelo teórico e estimadores utilizados na análise empírica

Nesse capítulo, é apresentada a metodologia utilizada na análise empírica dos determinantes da produtividade, no [Capítulo 7](#). Como os dados utilizados compõem um painel com 106 países, ao longo de seis anos (2006-2011), os estimadores utilizados exploram as propriedades de painéis.

São analisados 3 modelos, com diferentes variáveis explicativas para a PTF. O primeiro adota os 12 pilares de competitividade, o segundo analisa o efeito dos subíndices do GCI, enquanto o terceiro modelo usa o índice geral GCI como regressor. Assume-se que as variáveis explicativas e a PTF¹ estão relacionadas linearmente, segundo o modelo:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta}_{it} + u_{it}, \quad (4.1)$$

onde $i = 1, \dots, N$ é o subscrito que identifica cada um dos N países (ou indivíduos) em uma *cross-section*, $t = 1, \dots, T$ é o subscrito de tempo (T períodos), y é a variável dependente escalar, $\mathbf{x}$ é um vetor com k variáveis explicativas, $\boldsymbol{\beta}$ é um vetor $k \times 1$ de parâmetros, α é o intercepto e u é o termo de erro.

Esse modelo é muito geral e não pode ser estimado, uma vez que há mais parâmetros que observações. É preciso fazer restrições adicionais sobre a variação de $\boldsymbol{\beta}_{it}$ e α_{it} ao longo de i e t . Essas restrições, juntamente com diferentes premissas sobre o comportamento de u_{it} , resultam em diferentes estimadores dos parâmetros de interesse, que são agrupados em dois conjuntos: estimadores em painel simples, que utilizam Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) ou Mínimos Quadrados Generalizados (MQG); e estimadores em painel dinâmico, que utilizam defasagens das variáveis como regressores e instrumentos, sendo a estimação feita por meio de um GMM em painel.

4.1 Estimação em painel simples

4.1.1 Pooled

O estimador “Pooled”, também conhecido na literatura como modelo da média populacional (*population-averaged model* ([CAMERON; TRIVEDI, 2005](#), p. 720)), consiste em agregar todas as $(N \times T)$ observações e estimar, por MQO, a seguinte equação de regressão:

$$y_{it} = \alpha + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta} + u_{it}, \quad (4.2)$$

¹ Utiliza-se o logaritmo natural da PTF, com o intuito de captar o efeito das variáveis sobre o crescimento da produtividade.

Ou seja, supõem-se parâmetros constantes entre países e períodos. Se o erro é não correlacionado com os regressores e o modelo está corretamente especificado, então ele pode ser estimado de maneira consistente por MQO.

Se os países apresentam características não observadas correlacionadas com os regressores, então o modelo “Pooled” é inconsistente, apresentando viés de variável omitida. Para ver isso, considere um modelo em que os indivíduos ou países apresentem essa heterogeneidade não observada, invariante no tempo, dada por α_i , conforme a equação abaixo:

$$y_{it} = \alpha_i + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta} + \epsilon_{it}. \quad (4.3)$$

onde ϵ_{it} é iid sobre i e t .

Somando e subtraindo α do lado direito da equação, resulta em

$$y_{it} = \alpha + \mathbf{x}_{it}'\boldsymbol{\beta} + (\alpha_i - \alpha + \epsilon_{it}). \quad (4.4)$$

Caso α_i seja correlacionado com os regressores, a estimação, por MQO, da regressão de y_{it} sobre uma constante e $\mathbf{x}_{it}$ produzirá estimadores viesados, já que $u_{it} = \alpha_i - \alpha + \epsilon_{it}$ seria correlacionado com $\mathbf{x}_{it}$.

4.1.2 Between

O estimador “Pooled” usa variações tanto entre indivíduos quanto entre períodos para estimar os parâmetros $\boldsymbol{\beta}$. O modelo “Between”, por sua vez, utiliza apenas a variação entre indivíduos, ao estimar por MQO a relação entre a média, ao longo do tempo, das variáveis.

Partindo da Equação 4.3 e tomando a média ao longo dos períodos, obtém-se $\bar{y}_i = \alpha_i + \bar{\mathbf{x}}_i'\boldsymbol{\beta} + \bar{\epsilon}_i$, que pode ser reescrita como o modelo “Between”:

$$\bar{y}_i = \alpha + \bar{\mathbf{x}}_i'\boldsymbol{\beta} + (\alpha_i - \alpha + \bar{\epsilon}_i), \quad (4.5)$$

onde $\bar{y}_i = T^{-1} \sum_t y_{it}$, $\bar{u}_i = T^{-1} \sum_t u_{it}$, e $\bar{\mathbf{x}}_i = T^{-1} \sum_t \mathbf{x}_{it}$.

O estimador “Between”, portanto, consiste na estimação, por MQO, da regressão de $\bar{y}_i$ sobre uma constante e $\bar{\mathbf{x}}_i$.

Novamente, o estimador é inconsistente no caso de a heterogeneidade individual dos países, α_i , ser correlacionada com os regressores $\mathbf{x}_i$ (e, consequentemente, com $\bar{\mathbf{x}}_i$).

4.1.3 Fixed

Conhecido na literatura como estimador de efeitos fixos ou *within*², esse método de estimação elimina a heterogeneidade não observada dos países ou indivíduos, desde que

² Nesse trabalho, o estimador de efeitos fixos será chamado apenas de “Fixed”, que deriva do nome em inglês do estimador, *fixed effects estimator*.

seja invariante no tempo (por isso também chamada de efeito fixo), produzindo estimativas consistentes dos parâmetros, mesmo quando essa heterogeneidade é correlacionada com os regressores.

Partindo do modelo dado pela [Equação 4.3](#), que leva em consideração o efeito específico de indivíduo (ou país), α_i , e tomando a média ao longo dos períodos, obtém-se $\bar{y}_i = \alpha_i + \bar{\mathbf{x}}_i' \boldsymbol{\beta} + \bar{\epsilon}_{it}$. Subtraindo essa expressão da [Equação 4.3](#), encontra-se a equação base para o estimador *within*:

$$y_{it} - \bar{y}_i = (\mathbf{x}_{it} - \bar{\mathbf{x}}_i)' \boldsymbol{\beta} + (\epsilon_{it} - \bar{\epsilon}_{it}), \quad (4.6)$$

O estimador de efeitos fixos, chamado nesse trabalho de “Fixed”, consiste na estimação da [Equação 4.6](#) por MQO. Diferentemente dos estimadores apresentados anteriormente, este é consistente na presença de efeitos fixos invariantes no tempo, uma vez que α_i é eliminado da equação por conta da subtração da média das variáveis.

Um dos pontos negativos do estimador de efeitos fixos é que não é possível estimar o coeficiente de variáveis constantes ao longo do tempo, por exemplo a localização geográfica dos países.

4.1.4 Random

O estimador de efeitos aleatórios, identificado nesse trabalho como “Random”, assume que o efeito individual não observado dos países, α_i , é distribuído independentemente dos regressores, sendo que, normalmente, assume-se adicionalmente que ele é iid, assim como o termo de erro:

$$\alpha_i \sim [0, \sigma_\alpha^2], \quad (4.7)$$

$$\epsilon_i \sim [0, \sigma_\epsilon^2]. \quad (4.8)$$

Assim, o modelo com efeitos aleatórios pode ser escrito como:

$$y_{it} = \mu + \mathbf{x}_{it}' \boldsymbol{\beta} + \alpha_i + \epsilon_{it}. \quad (4.9)$$

onde μ é adicionado de forma que o efeito individual não observado, α_i , pode ser normalizado para ter média zero.

O estimador de efeitos aleatórios consiste na estimação da [Equação 4.9](#) por MQG, que é equivalente à estimação por MQO do seguinte modelo transformado:

$$y_{it} - \hat{\lambda} \bar{y}_i = (1 - \hat{\lambda}) \mu + (\mathbf{x}_{it} - \hat{\lambda} \bar{\mathbf{x}}_i)' \boldsymbol{\beta} + v_{it}. \quad (4.10)$$

onde $v_{it} = (1 - \hat{\lambda}) \alpha_i + (\epsilon_{it} - \hat{\lambda} \bar{\epsilon}_{it})$ e $\hat{\lambda}$ é consistente para

$$\lambda = 1 - \frac{\sigma_\epsilon}{(T \sigma_\alpha^2 + \sigma_\epsilon^2)^{\frac{1}{2}}}. \quad (4.11)$$

Caso o modelo de efeitos aleatórios seja correto, com a validade das relações da [Equação 4.7](#), então o estimador “Random” é consistente e mais eficiente que os outros estimadores apresentados, além de ser possível estimar o efeito de variáveis constantes no tempo. Caso a heterogeneidade não observada seja correlacionada com os regressores, então o estimador é inconsistente.

4.2 Estimação em painel dinâmico com GMM

Os métodos de estimação da [seção 4.1](#) necessitam que os regressores sejam fortemente (ou estritamente) exógenos para que as estimativas sejam consistentes, de maneira que o termo de erro tenha média zero condicional aos valores passados, correntes e futuros dos regressores

$$E[\epsilon_{it}|\alpha_i, \mathbf{x}'_{i1}, \dots, \mathbf{x}'_{iT}] = 0, \quad t = 1, \dots, T. \quad (4.12)$$

Caso os regressores sejam endógenos, ou o modelo inclua defasagens da variável dependente, então os métodos apresentados resultam em estimadores inconsistentes. Nesses casos, a estimação pode ser feita com o uso de variáveis instrumentais, por meio de GMM em painel, gerando assim estimadores consistentes.

Baseados nos trabalhos de [Anderson e Hsiao \(1981\)](#) e de [Holtz-Eakin, Newey e Rosen \(1988\)](#), [Arellano e Bond \(1991\)](#) derivaram estimadores GMM, em um e dois estágios, usando defasagens da variável dependente e dos regressores pré-determinados ou endógenos como instrumentos para a equação em diferenças, formando as condições de momento. Estes estimadores são conhecidos na literatura como Arellano-Bond. [Blundell e Bond \(1998\)](#), no entanto, mostram que as defasagens das variáveis em nível, usadas como instrumentos no estimador Arellano-Bond, se tornam instrumentos fracos quando o processo autoregressivo se torna muito persistente, ou a razão da variância da heterogeneidade não observada, α_i na [Equação 4.3](#), com relação à variância do termo de erro, ϵ_{it} , se torna muito grande.

Tendo como base o trabalho de [Arellano e Bover \(1995\)](#), [Blundell e Bond \(1998\)](#) propuseram um estimador em sistema, conhecido como estimador Arellano–Bover/Blundell–Bond, no qual as condições de momento utilizam as defasagens das variáveis em diferença como instrumentos para a equação em nível, além das condições de momento exploradas pelo estimador de Arellano-Bond para a equação em diferenças, aumentando assim o número de instrumentos.³

Considere o modelo⁴

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_j y_{i,t-1} + \mathbf{x}_{it}\boldsymbol{\beta}_1 + \mathbf{w}_{it}\boldsymbol{\beta}_2 + \alpha_i + \epsilon_{it}, \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T_i. \quad (4.13)$$

³ As condições de momento adicionais do estimador Arellano–Bover/Blundell–Bond são válidas somente se a condição inicial $E[\alpha_i \Delta y_{i2}] = 0$ se mantém para todo i .

⁴ A exposição dos estimadores é baseada em [StataCorp \(2011\)](#).

onde $\lambda_1, \dots, \lambda_p$ são p parâmetros a serem estimados, $\mathbf{x}_{it}$ é um vetor $1 \times k_1$ de variáveis estritamente exógenas, β_1 é um vetor $k_1 \times 1$ de parâmetros a serem estimados, $\mathbf{w}_{it}$ é um vetor $1 \times k_2$ de variáveis pré-determinadas (ou endógenas), β_2 é um vetor $k_2 \times 1$ de parâmetros a serem estimados, α_i é a heterogeneidade não observada dos países ou indivíduos, e ϵ_{it} é o termo de erro iid.

Seja $\mathbf{X}_{it}^L = (y_{i,t-1}, \dots, y_{i,t-p}, \mathbf{x}_{it}, \mathbf{w}_{it})$ um vetor $1 \times K$ de regressores para o indivíduo i no período t , onde $K = p + k_1 + k_2$ e L é um sobrescrito que representa o nível das variáveis. Reescrevendo a [Equação 4.13](#) como um conjunto de T_i equações para cada indivíduo i :

$$\mathbf{y}_i^L = \mathbf{X}_i^L \boldsymbol{\delta} + \alpha_i \mathbf{e} + \boldsymbol{\epsilon}_i, \quad (4.14)$$

onde $\mathbf{y}_i^L$ é um vetor $T_i \times 1$, $\mathbf{e}$ é um vetor $T_i \times 1$ com 1 em todas as entradas, $\mathbf{X}_i^L$ é um vetor $T_i \times K$ de regressores e $\boldsymbol{\delta}$ é um vetor $K \times 1$ de parâmetros a serem estimados.

O estimador Arellano–Bover/Blundell–Bond usa tanto o nível quanto a primeira diferença das variáveis na equação acima, formando um sistema de equações, enquanto o estimador Arellano–Bond usa apenas a equação com as variáveis em diferença. A seguir, será apresentado o estimador Arellano–Bover/Blundell–Bond, sendo que o outro é obtido ao se colocar matrizes nulas no lugar das matrizes com os níveis das variáveis. As variáveis transformadas com a primeira diferença são apresentadas com um asterisco.

Seja $\mathbf{y}_i$ o resultado do empilhamento dos vetores com a variável dependente transformada e não transformada, para um dado i

$$\mathbf{y}_i = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_i^* \\ \mathbf{y}_i^L \end{pmatrix}. \quad (4.15)$$

De forma similar, defina $\mathbf{X}_i$:

$$\mathbf{X}_i = \begin{pmatrix} \mathbf{X}_i^* \\ \mathbf{X}_i^L \end{pmatrix}. \quad (4.16)$$

$\mathbf{Z}_i$ é uma matriz de instrumentos

$$\mathbf{Z}_i = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{di} & \mathbf{0} & \mathbf{D}_i & \mathbf{0} & \mathbf{I}_i^d \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z}_{Li} & \mathbf{0} & \mathbf{L}_i & \mathbf{I}_i^L \end{pmatrix}. \quad (4.17)$$

$\mathbf{Z}_{di}$ é a matriz de instrumentos tipo GMM (explicados a seguir) para a equação em diferenças. Os instrumentos utilizados nesse estudo são defasagens das variáveis endógenas em nível.

$\mathbf{Z}_{Li}$ é a matriz de instrumentos tipo GMM para a equação em nível. Os instrumentos utilizados nesse estudo são defasagens das variáveis endógenas em diferenças.

$\mathbf{D}_i$ é a matriz de instrumentos dados pelas variáveis estritamente exógenas, utilizada somente para a equação em diferenças. Nesse estudo, utiliza-se a diferença das variáveis.

$\mathbf{L}_i$ é a matriz de instrumentos dados pelas variáveis estritamente exógenas, utilizada somente para a equação em nível. Nesse estudo, utiliza-se a as variáveis em nível.

$\mathbf{I}_i^d$ e $\mathbf{I}_i^L$ são matrizes de instrumentos dados pelas variáveis estritamente exógenas, utilizadas para a equação em nível e em diferenças, respectivamente. São utilizadas variáveis em diferenças para a equação em diferenças e as variáveis em nível para a equação em nível.

Os instrumentos tipo GMM são formados pelas defasagens das variáveis endógenas e/ou da variável dependente. Para ilustrar, considere um modelo simples dado por

$$y_{it} = \lambda_1 y_{i,t-1} + \lambda_2 y_{i,t-2} + \alpha + \epsilon_{it}. \quad (4.18)$$

As variáveis pré-determinadas ou endógenas são tratadas de forma similar às defasagens da variável dependente usadas como regressores. Assuma que os dados são de um painel balanceado, com valores das variáveis para todos os indivíduos da amostra, em todos os anos. Tomando a primeira diferença da equação [Equação 4.18](#), temos

$$\Delta y_{it} = \lambda_1 \Delta y_{i,t-1} + \lambda_2 \Delta y_{i,t-2} + \Delta \epsilon_{it}. \quad (4.19)$$

As primeiras três observações são perdidas por conta das defasagens e da diferenciação. Assumindo que ϵ_{it} não apresenta autocorrelação, no período $t = 4$, por exemplo, y_{i1} e y_{i2} são instrumentos válidos para a equação em diferenças, já que não estão correlacionados com o termo de erro ($\epsilon_{i4} - \epsilon_{i3}$). Em $t = 5$, y_{i1} , y_{i2} e y_{i3} são instrumentos válidos. Seguindo com o mesmo raciocínio, $\mathbf{Z}_{di}$ é dado por

$$\mathbf{Z}_{di} = \begin{pmatrix} y_{i1} & y_{i2} & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & y_{i1} & y_{i2} & y_{i3} & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & y_{i1} & \cdots & y_{i,T_i-2} \end{pmatrix}. \quad (4.20)$$

Para a equação em nível, o conjunto de instrumento tipo GMM é dado por

$$\mathbf{Z}_{Li} = \begin{pmatrix} \Delta y_{i2} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \Delta y_{i3} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \delta y_{i,T_i-1} \end{pmatrix}. \quad (4.21)$$

Defina

$$\mathbf{Q}_{xz} = \sum_i \mathbf{X}_i' \mathbf{Z}_i \quad (4.22)$$

$$\mathbf{Q}_{zy} = \sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{y}_i \quad (4.23)$$

$$\mathbf{W}_1 = \mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_1 \mathbf{Q}_{xz}' \quad (4.24)$$

$$\mathbf{A}_1 = \left(\sum_i \mathbf{Z}_i' \mathbf{H}_{1i} \mathbf{Z}_i \right)^{-1} \quad (4.25)$$

$$\mathbf{H}_{1i} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_{di} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{H}_{Li} \end{pmatrix}, \quad (4.26)$$

onde $\mathbf{H}_{Li}$ é igual a 0,5 vezes a matriz identidade e $\mathbf{H}_{di}$ é dado por

$$\mathbf{H}_{di} = \begin{pmatrix} 1 & -0,5 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ -0,5 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -0,5 & 1 \end{pmatrix}. \quad (4.27)$$

O estimador em um estágio é dado por

$$\hat{\beta}_1 = \mathbf{W}_1^{-1} \mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_1 \mathbf{Q}_{zy}. \quad (4.28)$$

Os resíduos transformados (primeira diferença) do estimador em um estágio são dados por

$$\hat{\epsilon}_{1i}^* = \mathbf{y}_i^* - \hat{\beta}_1 \mathbf{X}_i^*, \quad (4.29)$$

que são usados para calcular

$$\hat{\sigma}_1^2 = (1/(N - K)) \sum_i^N \hat{\epsilon}_{1i}^{*'} \hat{\epsilon}_{1i}^*. \quad (4.30)$$

A matriz de variância e covariância do estimador GMM em um estágio é, então, dada por

$$\hat{V}_{GMM}[\hat{\beta}_1] = \hat{\sigma}_1^2 \mathbf{W}_1^{-1}. \quad (4.31)$$

Os resíduos em nível do estimador em um estágio são dados por

$$\hat{\epsilon}_{1i}^L = \mathbf{y}_i^L - \hat{\beta}_1 \mathbf{X}_i^L. \quad (4.32)$$

Empilhando os vetores dos resíduos transformados e não transformados, obtém-se

$$\hat{\epsilon}_{1i} = \begin{pmatrix} \hat{\epsilon}_{1i}^* \\ \hat{\epsilon}_{1i}^L \end{pmatrix}. \quad (4.33)$$

O vetor dos resíduos é, então, usado para calcular

$$\mathbf{A}_2 = \left(\sum_i \mathbf{Z}_i' \hat{\boldsymbol{\epsilon}}_{1i}' \hat{\boldsymbol{\epsilon}}_{1i} \mathbf{Z}_i \right)^{-1}. \quad (4.34)$$

A matriz de variância e covariância do estimador em um estágio é calculada de forma robusta pela equação

$$\hat{V}_{robust}[\hat{\boldsymbol{\beta}}_1] = \mathbf{W}_1^{-1} \mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_1 \mathbf{A}_2^{-1} \mathbf{A}_1 \mathbf{Q}_{xz}' \mathbf{W}_1^{-1}. \quad (4.35)$$

O estimador em dois estágios é dado por

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_2 = \mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_2^{-1} \mathbf{Q}_{xz}' \mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_2 \mathbf{Q}_{zy}. \quad (4.36)$$

E a matriz de variância e covariância do estimador em dois estágios é dado por

$$\hat{V}_{GMM}[\hat{\boldsymbol{\beta}}_2] = \left(\mathbf{Q}_{xz} \mathbf{A}_2^{-1} \mathbf{Q}_{xz}' \right)^{-1}. \quad (4.37)$$

A matriz de variância e covariância do estimador em dois estágios, dada acima, é severamente viesada ([STATACORP, 2011](#), p.88). [Windmeijer \(2005\)](#) desenvolveu um estimador robusto da matriz de variância e covariância do estimador GMM em dois estágios, o qual é utilizado nesse estudo⁵.

⁵ Ver [Windmeijer \(2005\)](#) para referência das fórmulas dessa matriz.

5 Base de dados

5.1 *Penn World Table*

Para a análise da evolução da PTF no Brasil e em alguns países selecionados, foi utilizada a base de dados da *Penn World Table* (PWT), versão 8.1, que é muito utilizada em estudos com o comparativo do produto por trabalhador ou da PTF, em diferentes países. A PWT 8.1 contém informações para 43 variáveis, de 167 países, para os anos de 1950 a 2011 ([FEENSTRA](#); [INKLAAR](#); [TIMMER](#), 2013).

Fazendo uso de uma extensa base de dados de preços coletados em vários países, para alguns anos referência, pelo *International Comparisons Program* (ICP)¹, a PWT constrói taxas de câmbio com base na Paridade do Poder de Compra (PPP), que são usadas para converter o valor das variáveis macroeconômicas de diferentes países em uma moeda única (dólares dos Estados Unidos), tornando possível a comparação dessas variáveis².

Na versão 8.1, é introduzida uma nova medida de produto, que tem o objetivo de dar uma estimativa mais aproximada da capacidade produtiva relativa entre países: trata-se da variável PIB pela ótica da produção ajustado pela Paridade do Poder de Compra (PPC), identificada na base de dados como *CGDP^e*. Nas versões anteriores da PWT, era disponibilizada apenas uma medida de produto, que era o PIB pela ótica da despesa ajustado pela Paridade do Poder de Compra (PPC), o qual estava mais relacionado com a comparação do padrão de vida em diferentes países. Essa variável ainda está disponível na base de dados da PWT, versão 8.1, sendo identificada como *CGDP^e*.

Ambas as medidas são dadas em dólares correntes, consistindo no PIB nominal deflacionado por um conjunto de preços relativos entre países (em PPC). O *CGDP^e* utiliza o preço relativo (em PPC) da absorção interna - consumo privado, gastos do governo e investimento. Já o PIB pela ótica da produção também leva em consideração o preço dos produtos exportados e importados, ajustados pela qualidade dos mesmos. Como colocado em [Feenstra, Inklaar e Timmer \(2013\)](#):

Output-based real GDP was previously not feasible because its computation requires not only relative prices of consumption and investment, but also of export and imports. Incorporating such data is challenging because there is no cross-country survey that collects prices for traded goods of comparable quality across countries, as the ICP does for consumption and investment products. Instead, we are forced to start with the unit values

¹ A ICP é uma pesquisa internacional de preços de bens e serviços, comercializáveis e não comercializáveis.

² Para uma revisão sobre a construção dos índices de paridade do poder de compra, inclusive sobre os problemas associados, ver [Deaton e Heston \(2010\)](#)

of traded goods. A recent body of research in international trade shows how to correct these unit values for quality, thereby obtaining quality-adjusted prices across countries [...]. Dividing export and import values by these prices we obtain quality-adjusted quantities, which are treated as outputs and inputs, respectively, to production and to the construction of output-based real GDP³. (FEENSTRA; INKLAAR; TIMMER, 2013, p. 5)

Assim, países que melhoram seus termos de troca, no sentido de preços de exportações maiores que a média ou preços de importações menores que a média, vão apresentar um aumento no $CGDP^e$, mesmo que sua produção não tenha mudado, pois, para encontrar essa medida, o PIB nominal é deflacionado por um conjunto de preços que ignora os valores dos produtos transacionados com outros países, dando a falsa impressão de que a produção desses países aumentou por conta de termos de troca mais favoráveis, o que não acontece com a medida $CGDP^o$, que leva em conta os preços das exportações e importações. Como o objetivo do trabalho é comparar a produtividade dos países, será adotado o PIB sob a ótica da produção como medida do produto, conforme sugerido por Feenstra, Inklaar e Timmer (2013).

Por serem medidas em dólares correntes, as variáveis $CGDP^e$ e $CGDP^o$ servem para comparar o valor da produção entre países em um mesmo período. Para a análise da evolução do PIB ao longo do tempo, a PWT disponibiliza medidas do PIB real com base nas Contas Nacionais de cada país. Vale notar que esta medida não é segregada entre PIB pela ótica da despesa e pela ótica da produção, sendo que o maior interesse dessa medida está nas taxas de crescimento (evolução do produto no tempo).

Como alternativa à variação do PIB das Contas Nacionais, a versão 8.1 da PWT, introduz medidas do PIB real que corrige para a mudança de preços ao longo do tempo usando dados da PPC de outros anos, o que gera taxas de crescimento do PIB real diferentes daquelas obtidas pelas Contas Nacionais. São disponibilizadas medidas do PIB real tanto sob a ótica da despesa, denominada na base de dados como $RGDP^e$, como pela ótica da produção, identificada por $RGDP^o$. Esses indicadores são apropriados para comparar o produto tanto entre países como em diferentes períodos.

As variáveis são normalizadas de forma que as variáveis em dólares correntes e em dólares constantes são iguais no ano de referência de 2005: $CGDP^o = RGDP^o$ e $CGDP^e = RGDP^e$. O PIB com base nas Contas Nacionais também é normalizado para que $RGDP^{NA} = RGDP^o$ em 2005.

Na Figura 1, é possível comparar as diversas medidas do PIB disponibilizadas na PWT, para o Brasil. O que se nota é que as medidas apresentam evoluções similares,

³ Feenstra, Inklaar e Timmer (2013) chamam de valores reais tanto medidas com preços constantes ao longo do tempo como ajustadas pela PPC (preços comparáveis entre países). Como o termo “real” normalmente é utilizado somente no primeiro caso, preferiu-se não tratar as variáveis ajustadas pela PPC como medidas reais do produto.

com exceção do PIB pelas Contas Nacionais, que tem um formato mais suave, sem a elevação significativa observada na metade da década de 90, seguida de uma queda nos anos seguintes. Segundo Mation (2014), na PWT 8.1, a série de paridade do poder de compra do Brasil apresenta um aumento de quase 43% acima da série interpolada, entre 1990 e 1996. Para o autor, este pico é consequência de valores aberrantes nos dados da pesquisa ICP de 1996 para o Brasil.

Figura 1 – Comparação das medidas do PIB real do Brasil na PWT.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: $RGDPe = RGDP^e$. $RGDPo = RGDP^o$. $CGDPe = CGDP^e$. $CGDPo = CGDP^o$. $RGDPNA = RGDP^{NA}$.

Por conta dessas possíveis distorções ao longo do tempo, as medidas de produtividade foram calculadas com base no PIB sob a ótica da produção ajustado pela PPC e a dólares correntes, $CGDP^o$, para o ano mais recente com dados disponíveis, 2011, enquanto a variação ano a ano de cada país foi obtida do PIB com base nas Contas Nacionais, $RGDP^{NA}$.

As medidas do estoque de capital físico, disponibilizadas nessa versão da PWT, são calculadas com base em dados por tipo de investimento, tanto em edificações quanto em máquinas e equipamentos. Usando diferentes taxas de depreciação para cada tipo de ativo, as séries de capital são construídas pelo método do inventário perpétuo, conforme

explicado no [Capítulo 3](#).⁴

A [Figura 2](#) apresenta a dispersão da medida de capital físico, CK , contra o logaritmo natural do PIB per capita, em 2011.

Figura 2 – Dispersão da medida de capital físico, CK , contra o PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: A linha sólida é a reta obtida da regressão linear.

Observa-se, na [Figura 2](#), uma forte correlação entre a medida de capital físico e o PIB per capita, em linha com o que é encontrado em diversos estudos empíricos e com teorias que apontam o nível de capital físico como um dos determinantes do PIB per capita, por exemplo [Solow \(1956\)](#).

Outra novidade na versão 8.1 é a introdução de uma medida da participação da renda do trabalho no PIB, denominada $LABSH$, permitindo que essa variável seja diferente entre países e ao longo do tempo, ao contrário do que tipicamente era feito nos trabalhos sobre contabilidade do desenvolvimento, que assumiam uma taxa constante para

⁴ Apesar de disponibilizar o PIB real em PPC, $RGDP^o$, a base de dados da PWT 8.1 não disponibiliza a série de capital em termos reais e em PPC. Os dados de capital estão disponíveis a preços nacionais constantes de 2005 (RK^{NA}) e a dólares correntes com ajuste pela paridade de poder de compra dos países (CK), impossibilitando a utilização da variável $RGDP^o$ no cálculo da PTF.

todos os países, normalmente igual a 0,7 (FEENSTRA; INKLAAR; TIMMER, 2013). A média da participação do trabalho na renda foi de 0,51, em 2011, para os 128 países que possuem dados disponíveis (caindo de 0,57 em 1960 e 0,55 em 1980). A Figura 3 apresenta a dispersão de *LABSH* contra o PIB per capita, em 2011. Como se pode ver, não há uma relação entre a participação do trabalho na renda e o PIB per capita dos países.

Figura 3 – Dispersão da participação do trabalho na renda (*LABSH*) contra o PIB (*CGDP^o*) per capita, em 2011.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: A linha sólida é a reta obtida da regressão linear.

A PWT 8.1 também disponibiliza medidas de capital humano calculadas com os dados de escolaridade disponíveis na base de dados de Barro e Lee (2013), usando a metodologia e as taxas de retorno para diferentes níveis de escolaridade adotadas em Caselli (2005), conforme explicado no Capítulo 3. A Figura 4 apresenta o capital humano por país contra o logaritmo natural do PIB per capita. Nela, é possível observar a correlação positiva entre PIB per capita e capital humano, em linha com a evidência empírica já bem sedimentada sobre o tema.

A PWT também apresenta a população dos países, o número de trabalhadores empregados e a média de horas trabalhadas por ano das pessoas empregadas, variáveis

Figura 4 – Capital humano (h) contra PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: A linha sólida é a reta obtida da regressão linear.

que são utilizadas nesse trabalho para o cálculo das medidas de produtividade, tanto a PTF quanto o produto por trabalhador.

Além de conter todas as variáveis necessárias para o cálculo da PTF, a PWT, nessa nova versão, disponibiliza essa variável, facilitando o trabalho de comparação da produtividade entre países e ao longo do tempo. A PTF é estimada com base em uma função de produção translog, conforme apresentado no [Capítulo 3](#), utilizando os parâmetros e inputs da própria base.

Na [Figura 5](#) a seguir, é exibida a dispersão da PTF disponível na base de dados da PWT 8.1 contra o PIB per capita, em 2011. O valor da PTF é normalizada de forma que os Estados Unidos possuam um valor igual a 1.

Observa-se uma alta correlação positiva entre a PTF e o PIB per capita, como era esperado, dada a evidência empírica encontrada na literatura⁵ e a própria forma como a PTF é calculada, uma vez que ela é diretamente proporcional ao PIB, como pode ser observado na [Equação 3.3](#) e na [Equação 3.9](#) do [Capítulo 3](#).

⁵ Ver, por exemplo, [Caselli \(2005\)](#).

Figura 5 – Dispersão da PTF contra o PIB ($CGDP^o$) per capita, em 2011.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: A linha sólida é a reta obtida da regressão linear.

Nota: A PTF é aquela disponível na PWT, calculada com base no PIB a dólares correntes ajustado pela PPC, $CGDP^o$.

5.2 *Global Competitiveness Index*

Por mais de trinta anos, o Fórum Econômico Mundial (FEM) tem acompanhado e estudado os diferentes aspectos da competitividade dos países, definida como o “conjunto de instituições, políticas e fatores que determinam o nível de produtividade de uma economia” ([World Economic Forum, 2014](#), p. 4). Desde 2005⁶, o FEM calcula, anualmente, o chamado *Global Competitiveness Index* (GCI), um índice abrangente que busca mensurar os fundamentos macro e microeconômicos de competitividade dos países.

O índice utiliza, atualmente, 114 indicadoreas, muitos dos quais de fontes externas: Fundo Monetário Internacional (FMI); Organização das Nações Unidas para Educação,

⁶ O GCI, apesar de calculado desde 2005, só está disponível no formato atual (com 12 pilares) a partir de 2006. Em 2007, a metodologia de cálculo do índice passou por uma atualização, detalhada em [World Economic Forum \(2007\)](#). Desde então, a metodologia permanece praticamente inalterada, sendo que somente no último relatório (2015) o FEM apresentou uma sugestão de atualização do índice, para entrar em vigor nos próximos anos (ver [World Economic Forum \(2015\)](#)).

Ciência e Cultura; e Organização Mundial da Saúde. No entanto, a maior parte dos indicadores utilizados são de uma pesquisa do próprio FEM, denominada *Executive Opinion Survey* (EOS), que, em 2015, entrevistou mais de 14 mil líderes de negócios, em 144 países, o que resulta em uma média de quase 100 entrevistados por país⁷. Em 2015, o índice cobriu um total de 140 países, que representaram 98,3% do PIB mundial ([World Economic Forum, 2015](#), p. 5).

A [Tabela 5](#), a seguir, apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que fazem parte do índice GCI, as quais serão utilizadas nos modelos empíricos como variáveis explicativas.

Tabela 5 – Estatísticas descritivas das variáveis do índice GCI.

variável	média	dp	cv	min	max
P1: Instituições	4.17	0.93	0.22	2.39	6.19
P2: Infraestrutura	4.01	1.25	0.31	1.8	6.77
P3: Ambiente Macroeconômico	4.8	0.8	0.17	1	6.59
P4: Saúde e Ensino Básico	5.53	0.85	0.15	2.95	6.94
P5: Ensino Superior e Treinamento	4.21	0.96	0.23	1.99	6.12
P6: Eficiência do Mercado de Produtos	4.34	0.61	0.14	2.83	5.83
P7: Eficiência do Mercado de Trabalho	4.39	0.55	0.13	2.88	5.95
P8: Desenvolvimento do Mercado Financeiro	4.37	0.77	0.18	2.29	6.40
P9: Capacidade de Absorção Tecnológica	3.84	1.1	0.29	1.96	6.30
P10: Tamanho do Mercado	3.93	1.18	0.3	1.25	6.93
P11: Sofisticação do Ambiente de Negócios	4.21	0.76	0.18	2.68	5.99
P12: Inovação	3.5	0.89	0.25	2.01	5.84
Requisitos Básicos	4.63	0.8	0.17	2.49	6.33
Potencializadores de Eficiência	4.18	0.71	0.17	2.51	5.88
Fatores de Inovação	3.86	0.81	0.21	2.44	5.82
Índice GCI	4.3	0.67	0.16	2.58	5.80

Fonte: Elaboração própria com base nos dados históricos do índice GCI disponibilizados pelo FEM.

Nota: “dp” é o desvio padrão da amostra. “cv” é o coeficiente de variação, que corresponde ao desvio padrão dividido pela média da amostra. “min” é o valor mínimo da amostra e “max” o valor máximo.

Os 12 pilares de competitividade estão identificados com prefixos de “P1” a “P12”. Os indicadores utilizados são normalizados para uma escala comum, entre 1 e 7, de forma que quanto maior a pontuação, maior o nível de competitividade do país. As variáveis com os maiores desvios-padrão e coeficientes de variação são a “infraestrutura”, a “capacidade de absorção tecnológica” e o “tamanho de mercado”. Por outro lado, aquelas com os menores coeficientes de variação são aquelas relacionadas à eficiência do mercado de trabalho e de produtos.

A [Figura 6](#) mostra a média, para o período de 2006 a 2011⁸, dos 12 pilares

⁷ Mais informações sobre a pesquisa EOS são apresentadas em [World Economic Forum \(2015, p. 75\)](#).

⁸ Pelo fato de que as séries obtidas da PWT só vão até 2011, os dados do GCI são analisados somente até esse ano.

de competitividade, para conjuntos de países agrupados de acordo com suas posições geográficas e níveis de desenvolvimento⁹.

Figura 6 – Comparação da média, entre 2006 e 2011, dos 12 pilares de competitividade, por grupo de países.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados históricos do índice GCI, disponibilizados pelo FEM.

O que se observa é que os países avançados apresentam um nível de competitividade médio bem acima dos outros grupos, em quase todos os pilares. Por outro lado, os índices da África Subsahariana estão abaixo dos outros conjuntos de países em todos os quesitos. Em linhas gerais, a América Latina se apresenta próxima da Comunidade dos Estados Independentes e pouco acima da Ásia Emergente e dos países do Oriente Médio, Norte da África e Paquistão (apesar da boa colocação destes em alguns pilares), enquanto a Europa Emergente fica abaixo dos países avançados e acima do resto dos países.

Como os subíndices e o índice geral GCI são formados pelos pilares, o comparativo dessas medidas entre os grupos de países apresenta aspecto similar ao que é observado na Figura 6, e por isso foi suprimido.

⁹ O agrupamento desses países segue classificação disponível nos dados do FEM, que segue, por sua vez, aquela do FMI ([International Monetary Fund, 2015b](#)). A lista dos países que compõem cada grupo é apresentada no [Apêndice A](#).

A evolução do índice GCI geral para os grupos de países e para o Brasil, no período de 2006 a 2011, é exibida na [Figura 7](#). Observa-se um ganho expressivo de competitividade de algumas regiões, em alguns anos. Alguns exemplos são os países do Oriente Médio, Norte da África e Paquistão, de 2006 para 2007 e depois em 2010, os países da América Latina em 2011 e aqueles que pertencem à Comunidade dos Países Independentes, de 2009 para 2010. As economias avançadas permaneceram praticamente estagnadas no período.

Figura 7 – Evolução do índice GCI no período de 2006 a 2011, por grupo de países e para o Brasil.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados históricos do índice GCI, disponibilizados pelo FEM.

5.3 Instrumentos

Segundo [Hayashi \(2011\)](#), um bom instrumento, para uma variável explicativa endógena em uma equação de regressão, consiste em uma variável pré-determinada ou exógena, portanto, não correlacionada com o termo de erro da equação, e que seja correlacionada com a variável endógena.

Como instrumentos para os estimadores GMM em painel, foram utilizadas as seguintes variáveis:

- *cen_lat*: latitude do ponto central do país. Segundo argumenta [Hall e Jones \(1999\)](#), a latitude, além de ser exógena, está correlacionada com o tipo de colonização que os países sofreram, por conta da expansão da Europa Ocidental, entre os séculos XVI e XIX, o que influenciou, historicamente, as instituições desses países, as quais moldaram a estrutura de incentivos na sociedade e levaram a diferentes níveis de competitividade observados atualmente. Os dados foram obtidos de [Gallup, Sachs e Mellinger \(1999\)](#).
- *tropicalar*: percentual da área do país em regiões tropicais. Segue o mesmo argumento apresentado para a latitude, ou seja, as regiões tropicais estariam relacionadas às piores instituições, relacionadas em grande parte ao processo de colonização, que resultaram em países menos competitivos. Os dados para essa variável foram obtidos de [Gallup, Sachs e Mellinger \(1999\)](#).
- *dister*: distância do ponto central do país com relação a costa sem gelo e a grandes rios navegáveis. Quanto maior a distância a costa e a grandes rios navegáveis, maior o isolamento econômico do país, que tende a influenciar na sua integração aos mercados mundiais, gerando assim menores incentivos à melhoria de sua competitividade. Os dados para essa variável também foram obtidos de [Gallup, Sachs e Mellinger \(1999\)](#).
- *ethfrac*: índice de fragmentação étnica dos países. Usado em [Alesina et al. \(2003\)](#), o índice dimensiona o nível de divisão étnica dos países, que está relacionada, por exemplo, com conflitos internos e ineficiências no mercado de trabalho, que impactam na competitividade dos países. Como a fragmentação étnica das nações é, normalmente, resultado de eventos históricos ocorridos há um bom tempo, essa variável pode ser considerada como pré-determinada nos modelos. Os dados para essa variável foram obtidos de [Alesina et al. \(2003\)](#).

6 Evolução da produtividade no Brasil e comparação com outros países

A seguir, é feita uma análise da evolução da PTF e da produtividade do trabalho em alguns países selecionados, com especial ênfase nos indicadores da economia brasileira. A análise será feita para os anos de 1950 a 2011, para o Brasil, e de 1960 a 2011, no comparativo com outros países, por conta da disponibilidade de dados.

6.1 Evolução da produtividade no Brasil

A estimativa, primeiramente, foi feita para a função de produção Cobb-Douglas, por meio da [Equação 3.3](#).

Utilizando a série do PIB real com variação entre períodos das Contas Nacionais ($RGDP^{NA}$) e do nível de capital acumulado (RK^{NA}), além da medida de capital humano, estimou-se a PTF para o Brasil com diferentes números para a quantidade de trabalho e para o parâmetro α , a participação do capital na renda, com o objetivo de avaliar a consistência dos resultados para diferentes premissas.

Primeiro, partiu-se de um valor de α igual a 0,4, seguindo o artigo de [Gomes, Pessôa e Veloso \(2003\)](#), e da quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores. Essa medida é chamada de “PTF”. Depois, adotou-se o número de horas trabalhadas como estimativa da quantidade de trabalho, L , sendo esta denominada “PTF-H”. A terceira medida de produtividade explorou a estimativa da participação do trabalho na renda, $LABSH$, para calcular a participação do capital na renda ($\alpha = 1 - LABSH$); ela é chamada de “PTF-Alpha”. Por último, foi calculada a PTF tanto com as horas trabalhadas quanto com o α variável no tempo e por país da PWT, chamada de “PTF-H-Alpha”.

A [Figura 8](#) apresenta o comparativo dessas quatro medidas, normalizando o valor de todas para 1 no ano 2000.

O que se observa na [Figura 8](#) é que a produtividade no Brasil cresceu consideravelmente e de maneira quase constante, no período entre 1950 até meados da década de 1970, quando atingiu seu ápice histórico. Nas décadas seguintes até o início dos anos 2000, ela se reduziu até voltar a patamares próximos àqueles apresentados no final da década de 1960. Em outras palavras, a produtividade no Brasil caiu consideravelmente depois da década de 1970, sendo que só voltou a melhorar depois dos anos 2000. No entanto, o formato da curva parece indicar uma nova reversão de tendência, que parece se comprovar com o baixo crescimento do PIB brasileiro entre 2012 e 2015.

Figura 8 – Evolução das medidas da PTF com base no PIB e capital físico das Contas Nacionais.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: A “PTF” adota $\alpha = 0,4$ e quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores empregados. A “PTF-H” usa o número de horas trabalhadas como estimativa da quantidade de trabalho, L , e $\alpha = 0,4$. A “PTF-Alpha” usa a estimativa da participação do trabalho na renda disponível na PWT, $LABSH$, para calcular a participação do capital na renda ($\alpha = 1 - LABSH$); a quantidade de trabalho é dada pelo número de trabalhadores empregados. Por último, a “PTF-H-Alpha” foi calculada tanto com as horas trabalhadas quanto com o α variável no tempo e por país da PWT. Todas as medidas utilizam a função de produção Cobb-Douglas.

Outra observação notória na [Figura 8](#) é a diferença de comportamento da série “PTF-Alpha”, que apresenta movimentos bruscos em alguns anos por conta de pequenas alterações nessa variável, conforme pode ser visto na [Figura 9](#) abaixo, que mostra que o parâmetro α varia pouco, de 0,43 a 0,48. De fato, realizando-se um experimento no cálculo da PTF com o α fixo, uma mudança de 12,5% no valor do parâmetro, de 0,4, para 0,45, faz com que a “PTF-Alpha” do Brasil, em 2011, passe de 128 para 76, uma queda de cerca de 40%. A razão da alta sensibilidade dessa medida de PTF às alterações em α é a natureza exponencial da relação entre esse parâmetro e as variáveis da função de produção, dada pela Cobb-Douglas.

Seguindo a metodologia usada na PWT 8.1, a PTF também foi estimada com base em uma função de produção translog. Para comparação do efeito das funções de

Figura 9 – Evolução da participação do capital na renda do Brasil, segundo dados da PWT 8.1.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

produção no cálculo da PTF, a [Figura 10](#) mostra a evolução dessas medidas com as funções Cobb-Douglas e translog, utilizando α variável e, para a quantidade de trabalho, o número de trabalhadores.

Observa-se que as duas séries apresentam comportamentos parecidos. Os diferentes métodos de estimação, portanto, produzem conclusões semelhantes: queda na produtividade total dos fatores da economia brasileira depois da década de 70 e a discreta recuperação nos anos 2000. Assim, independente da medida adotada, a baixa produtividade da economia brasileira, comparando-se com os valores que este indicador atingiu nos anos 1970, revela uma persistência ao longo dos anos, indicando ser uma característica estrutural da economia pós década de 80. Ou seja, parece estar relacionada a causas mais profundas e complexas da economia brasileira, conclusão semelhante à encontrada por [Negri e Cavalcante \(2014\)](#).

Outro ponto que se observa é que a função translog é bem menos sensível às alterações do parâmetro α do que a Cobb-Douglas, apresentando um comportamento menos volátil. A razão é que na função translog o α aparece de forma multiplicativa, e não como a potência das variáveis.

Figura 10 – Evolução das medidas da PTF com base no PIB e capital físico das Contas Nacionais, para diferentes funções de produção.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: Ambas medidas adotam α variável, quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores empregados e crescimento do PIB dado pelas Contas Nacionais, dados da PWT.

Outra medida de produtividade muito utilizada é a do trabalho, que consiste na razão entre o produto da economia e alguma medida para o fator trabalho. Ela mostra a capacidade de produção da economia por trabalhador empregado ou por hora trabalhada, dependendo do denominador utilizado. A Figura 11 apresenta, para o Brasil, a evolução dessas duas medidas de produtividade do trabalho, quais sejam, o PIB real pelo número de trabalhadores empregados - “ $RGDP^{NA}/Trab$ ” - e o PIB real por horas trabalhadas (que é igual ao número de trabalhadores multiplicado pela média de horas trabalhadas, ambos indicadores disponíveis na PWT) - “ $RGDP^{NA}/hrstrab$ ”.

Observa-se que ambas medidas crescem de maneira muito parecida até o começo da década de 1980, quando a produtividade do trabalho medida por horas trabalhadas fica acima do produto por trabalhador, devido à uma redução das horas trabalhadas. De fato, segundo os dados da PWT, o brasileiro médio, que trabalhava 2.145 horas por ano em 1970, passou a trabalhar em média 1.841 horas por ano em 1998 (quando a série se

Figura 11 – Evolução da produtividade do trabalho no Brasil, por horas trabalhadas e número de trabalhadores.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: “RGDPNA/Trab.” é a razão do PIB real ($RGDP^{NA}$) pelo número de trabalhadores empregados e “RGDPNA/hrs trab.” consiste no PIB real por horas trabalhadas.

estabiliza nesse patamar), uma redução de quase 15% na jornada de trabalho¹.

Outra comparação interessante, para a economia brasileira, é entre a produtividade do trabalho e a PTF. Essa comparação é apresentada na [Figura 12](#).

A [Figura 12](#) mostra que, enquanto a produtividade do trabalho cresceu praticamente em todo o período, a PTF apresentou uma queda, a partir dos anos 1970, e uma posterior estagnação, com ligeira recuperação nos anos 2000. Essa discrepância resulta da contabilização, pela PTF, de outras medidas de insumo além do trabalho, particularmente o capital humano, que cresceu 67,9% entre 1970 e 2011, e a intensidade de capital por trabalhador, que teve um aumento de mais de 120% nesse mesmo período.

¹ Para uma discussão da medida de horas trabalhadas da PWT e de outras fontes de dados, para o Brasil, ver [Jr \(2014\)](#).

Figura 12 – Comparação da produtividade do trabalho e da PTF para o Brasil.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: “RGDPNA/hrs trab.” consiste no PIB real ($RGDP^{NA}$) por horas trabalhadas. “PTF-H-Alpha” foi calculada com as horas trabalhadas e com o α variável no tempo e por país da PWT, utilizando a função de produção translog.

6.2 Comparação com outros países

Além de analisar a evolução da produtividade no Brasil, é importante colocar essa dinâmica em perspectiva com a de outros países, com o intuito de avaliar a performance da economia brasileira em relação a outras experiências internacionais.

As comparações das medidas de produtividade são feitas entre o Brasil e mais 5 países: Estados Unidos, que representa a fronteira tecnológica; China, que nas últimas décadas apresentou um crescimento expressivo da produtividade; Coreia do Sul, que tinha níveis de produto per capita parecidos com aqueles do Brasil no início da década de 70; México e Chile, que apresentam características econômicas parecidas com as brasileiras.

A [Figura 13](#) apresenta a evolução da PTF (calculada com base na função de produção translog, α variável e PIB das Contas Nacionais), normalizada para 1 em 1960, ano em que há dados disponíveis para os 6 países considerados.

Na [Figura 13](#), é possível observar o elevado crescimento da PTF na China, a partir

Figura 13 – Comparação da evolução da PTF entre países selecionados, normalizada para 1 em 1960.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: Valores de “PTF-Alpha”, que utiliza α variável, quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores e crescimento do PIB das Contas Nacionais, calculada com a função de produção translog.

dos anos 1980. A Coreia do Sul também apresenta um crescimento elevado e constante, ao contrário do comportamento da PTF brasileira, que cresceu de forma rápida até o final dos anos 1980, porém com reversão de tendência após esse período. As experiências de México e Chile mostram uma performance da PTF ainda pior que a brasileira no período considerado.

Os dados da PWT, ajustados pela paridade do poder de compra, permitem comparar o nível da produtividade entre os países. A Figura 14 apresenta o valor da PTF para os países com relação aos Estados Unidos. Como o valor dessa série para os Estados Unidos é igual a um durante todo o período, esse país não foi incluído na Figura 14.

Observa-se que, apesar da fraca evolução da PTF no México e no Chile nas últimas décadas, em 2011 seus níveis eram bem superiores ao do Brasil, ficando entre 60% e 70% da produtividade nos Estados Unidos (fronteira tecnológica), enquanto a produtividade brasileira é de cerca de 40% da americana. O mesmo pode se dizer da Coreia do Sul, que

Figura 14 – Relação entre a PTF em países selecionados e nos Estados Unidos.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1.

Nota: Relação entre os valores da PTF dada por “PTF-Alpha”, que utiliza α variável, quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores e crescimento do PIB das Contas Nacionais, calculada com a função de produção translog.

apresentou um forte crescimento desde 1960 e chegou, em 2011, com uma produtividade de cerca de 70% daquela dos Estados Unidos. A China, que exibía níveis bem baixos até 1980, já apresentava valores da PTF próximos do Brasil no último ano da amostra de dados disponível.

7 Resultados

Para a análise empírica dos determinantes da produtividade, foi adotada como variável dependente a PTF, estimada com base em uma função translog, com quantidade de trabalho dada pelo número de trabalhadores empregados e participação variável do capital na renda. As regressões foram estimadas foram feitas utilizando o logaritmo natural da PTF, o que faz com que os coeficientes sejam interpretados como medidas da semi-elasticidade, ou seja, como o crescimento da PTF para uma variação de uma unidade nos regressores.

Foram estimados três modelos para explicar a produtividade: um utilizando o índice geral GCI como variável explicativa; outro com os subíndices do GCI; e um terceiro, utilizando os 12 pilares de competitividade do índice.

A [Tabela 6](#) lista as variáveis utilizadas nas análises, juntamente com suas descrições. Note que, para facilitar a leitura e interpretação dos resultados, o primeiro subíndice começa com a letra A, o segundo com a letra B e o terceiro com a letra C, enquanto os pilares que compõem o primeiro subíndice são identificados com a letra A no início do nome da variável, aqueles que compõem o segundo subíndice pela letra B e os do terceiro subíndice pela letra C.¹

Tabela 6 – Lista das variáveis utilizadas nas estimações e suas descrições.

variável	descrição
ptf	Produtividade Total dos Fatores
lptf	Logaritmo natural da Produtividade Total dos Fatores
A01_inst	Instituições
A02_infra	Infraestrutura
A03_macro	Ambiente Macroeconômico
A04_he_ed	Saúde e Ensino Básico
B05_hi_ed	Ensino Superior e Treinamento
B06_goods	Eficiência do Mercado de Produtos
B07_labor	Eficiência do Mercado de Trabalho
B08_finan	Desenvolvimento do Mercado Financeiro
B09_tech	Capacidade de Absorção Tecnológica
B10_m_size	Tamanho do Mercado
C11_soph	Sofisticação do Ambiente de Negócios
C12_innov	Inovação
A_basic	Requisitos Básicos
B_efficiency	Potencializadores de Eficiência
C_innovation	Fatores de Inovação
gci	Índice GCI

Fonte: Elaboração própria com base no índice GCI.

¹ O valor do subíndice é dado pela média dos pilares que o compõem.

A [Figura 15](#) mostra a correlação entre as variáveis. Nela, quanto mais vermelha a cor da célula, maior a correlação (ou mais próxima de um), e quanto mais verde, menor é a correlação entre as variáveis (ou mais próxima de zero).

Figura 15 – Correlação entre as variáveis dos modelos empíricos, para a amostra de 106 países utilizada, no período de 2006 a 2011.

	ptf	lptf	A01_in st	A02_in fra	A03_m acro	A04_he _ed	B05_hi _ed	B06_go ods	B07_la bor	B08_fin an	B09_te ch	B10_m _size	C11_so ph	C12_in nov	A_basi c	B_effici ency	C_inno vation	gci
ptf	1.00	0.92	0.69	0.74	0.54	0.67	0.73	0.68	0.43	0.64	0.76	0.36	0.71	0.64	0.80	0.73	0.68	0.76
lptf	0.92	1.00	0.65	0.73	0.53	0.72	0.76	0.66	0.37	0.62	0.76	0.43	0.70	0.62	0.79	0.74	0.67	0.76
A01_inst	0.69	0.65	1.00	0.85	0.46	0.58	0.77	0.88	0.66	0.80	0.83	0.24	0.81	0.81	0.88	0.82	0.83	0.86
A02_infra	0.74	0.73	0.85	1.00	0.47	0.71	0.87	0.85	0.59	0.73	0.91	0.47	0.87	0.84	0.93	0.90	0.87	0.92
A03_macro	0.54	0.53	0.46	0.47	1.00	0.44	0.47	0.54	0.40	0.49	0.47	0.32	0.46	0.42	0.68	0.54	0.45	0.61
A04_he_ed	0.67	0.72	0.58	0.71	0.44	1.00	0.85	0.65	0.40	0.54	0.74	0.46	0.69	0.62	0.82	0.76	0.66	0.78
B05_hi_ed	0.73	0.76	0.77	0.87	0.47	0.85	1.00	0.80	0.59	0.69	0.91	0.51	0.85	0.84	0.90	0.92	0.86	0.91
B06_goods	0.68	0.66	0.88	0.85	0.54	0.65	0.80	1.00	0.69	0.85	0.85	0.42	0.89	0.83	0.89	0.91	0.88	0.91
B07_labor	0.43	0.37	0.66	0.59	0.40	0.40	0.59	0.69	1.00	0.59	0.63	0.18	0.58	0.65	0.62	0.69	0.63	0.68
B08_finan	0.64	0.62	0.80	0.73	0.49	0.54	0.69	0.85	0.59	1.00	0.74	0.32	0.77	0.69	0.78	0.82	0.74	0.79
B09_tech	0.76	0.76	0.83	0.91	0.47	0.74	0.91	0.85	0.63	0.74	1.00	0.43	0.87	0.85	0.90	0.92	0.88	0.91
B10_m_size	0.36	0.43	0.24	0.47	0.32	0.46	0.51	0.42	0.18	0.32	0.43	1.00	0.60	0.56	0.45	0.65	0.59	0.60
C11_soph	0.71	0.70	0.81	0.87	0.46	0.69	0.85	0.89	0.58	0.77	0.87	0.60	1.00	0.92	0.87	0.93	0.98	0.94
C12_innov	0.64	0.62	0.81	0.84	0.42	0.62	0.84	0.83	0.65	0.69	0.85	0.56	0.92	1.00	0.82	0.90	0.98	0.91
A_basic	0.80	0.79	0.88	0.93	0.68	0.82	0.90	0.89	0.62	0.78	0.90	0.45	0.87	0.82	1.00	0.91	0.86	0.96
B_efficiency	0.73	0.74	0.82	0.90	0.54	0.76	0.92	0.91	0.69	0.82	0.92	0.65	0.93	0.90	0.91	1.00	0.93	0.97
C_innovation	0.68	0.67	0.83	0.87	0.45	0.66	0.86	0.88	0.63	0.74	0.88	0.59	0.98	0.98	0.86	0.93	1.00	0.94
gci	0.76	0.76	0.86	0.92	0.61	0.78	0.91	0.91	0.68	0.79	0.91	0.60	0.94	0.91	0.96	0.97	0.94	1.00

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1 e do GCI.

Nota: Coeficiente de correlação para período de 2006 a 2011.

Como colocado na descrição dos pilares e subíndices, na [subseção 2.2.2](#), as variáveis possuem uma alta correlação entre si, principalmente os subíndices, que apresentam correlação média de 0,9, enquanto os pilares tem correlação média de 0,65 entre si. Essa alta correlação entre as variáveis dificulta a estimação do efeito isolado de cada uma, devido ao problema de multicolinearidade, além de fazer com que pequenas mudanças na especificação do modelo alterem significativamente os resultados (KUMAR et al., 1975).

Com relação à PTF, os pilares apresentaram uma correlação média de 0,63, enquanto a correlação média dos três subíndices com a PTF foi de 0,74.

A seguir, são apresentadas as análises separadas de cada modelo, com o objetivo de investigar como cada conjunto de variáveis explicativas afeta a produtividade.

7.1 Análise do índice GCI geral

Primeiramente, é interessante observar a relação entre a PTF e o índice GCI por meio de um gráfico de dispersão das duas variáveis, que é exibido na [Figura 16](#), juntamente com a linha de tendência, obtida por meio da regressão simples do índice sobre o logaritmo natural da PTF.

Figura 16 – Gráfico de dispersão e linha de tendência do índice GCI e do logaritmo natural da PTF.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1 e do GCI.

Observa-se, na [Figura 16](#), uma forte relação positiva entre a PTF (seu logaritmo natural) e o índice GCI. No entanto, a regressão utilizada para a linha de tendência foi feita com base no estimador “Pooled”, que, na presença de heterogeneidade não observada e correlacionada com os regressores, gera estimativas viesadas da relação entre estes e a variável dependente.

Explorando a estrutura em painel dos dados, o modelo com o índice GCI como regressor foi estimado por meio de diferentes métodos em painel simples, ou seja, sem variáveis instrumentais ou defasagens, que são:

- “Pooled”, que não pressupõe a existência de heterogeneidade não observada e potencialmente correlacionada com os regressores;
- “Between”, que usa a média das observações em uma cross-section, captando apenas variações entre indivíduos. Assim como o estimador “Pooled”, também

não trata a heterogeneidade não observada dos países;

- c) “Fixed”, que trata as características não observadas, eliminando o possível viés de variável omitida (desde que a variável omitida seja constante no tempo);
- d) “Random”, que pressupõe que as características não observadas têm distribuição independente dos regressores.

O erro-padrão dos coeficientes é calculado de forma robusta, levando-se em consideração tanto heteroscedasticidade quanto possíveis correlações seriais entre as observações, para um mesmo país, com exceção do erro-padrão do modelo “Between”, calculado com base na premissa de que os erros são independentes e identicamente distribuídos (iid). Os resultados são apresentados na [Tabela 7](#) abaixo.

Como pode ser visto na [Tabela 7](#), o coeficiente da variável “gci” é maior quando estimado com os métodos “Pooled” e “Between”, comparados com o “Fixed”, o que indica a presença de efeito fixo dos países. O coeficiente sai de cerca de 0,82 e 0,84 nos dois primeiros métodos, respectivamente, para cerca de 0,07 no último. O estimador de efeitos aleatórios também estima um valor maior para o GCI, de 0,12.

Realizando o teste de Hausman para verificar se o método mais adequado deve considerar o efeito fixo ou não, conclui-se pela rejeição da hipótese nula de igualdade dos estimadores “Fixed” e “Random”, ao nível de significância de 1%. Ou seja, há evidências da existência de heterogeneidade não observada entre os países, correlacionada com o regressor “gci”, o que faz com que o estimador “Fixed”, que trata esse problema, seja preferível.

O coeficiente estimado por este método, apresentado na coluna 3 da [Tabela 7](#), é positivo e significativo, ao nível de 5% de significância, com um valor de 0,0705, de forma que um aumento em 1 ponto do índice GCI leva a um crescimento de cerca de 7% da PTF. Logo, se o Brasil aumentasse o valor de seu índice GCI em um desvio padrão da amostra (0,67), a PTF do país aumentaria em cerca de 4,7%. De outra forma, se o GCI brasileiro, em 2011, se elevasse para o nível da Suíça, a produtividade aumentaria em quase 10%².

Tabela 7 – Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se o índice GCI como variável explicativa. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Pooled	Between	Fixed	Random
gci	0.823*** (0.0632)	0.839*** (0.0690)	0.0705** (0.0310)	0.120*** (0.0301)

² O GCI brasileiro em 2011 foi de 4,32, enquanto a Suíça apresentou um GCI de 5,73.

_cons	-4.280*** (0.294)	-4.349*** (0.300)	-1.046*** (0.133)	-1.257*** (0.153)
R^2	0.575	0.587	0.028	
F	169.8	147.7	5.162	
N	636	636	636	636

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. gci: Índice GCI. _cons: constante

Mesmo tratando o efeito fixo dos países, as variáveis explicativas podem sofrer de endogeneidade, como é comum em modelos de crescimento, fazendo com que as estimativas sejam inconsistentes ([ACEMOGLU, 2008](#)). Para testar se a variável “gci” é exógena ou não, aplica-se o teste de sobre-identificação de Sargan em um modelo estimado via GMM no qual a variável explicativa é tratada como exógena, sendo utilizado seu valor contemporâneo para formar as condições de momento. A hipótese nula de sobre-identificação é rejeitada a 1% de significância, o que indica a presença de endogeneidade na variável “gci”, decorrente, por exemplo, da simultaneidade das relações entre o índice e a produtividade, de forma que uma maior produtividade contribua para uma maior competitividade e, conseqüentemente, um maior nível do índice.

Assim, realizou-se a estimação com o uso de variáveis instrumentais, adotando a defasagem do próprio índice e da variável dependente como instrumentos. Foram estimadas 4 especificações distintas.

As defasagens adotadas em cada especificação como variáveis instrumentais, bem como aquelas utilizadas como regressores, são apresentadas na [Tabela 8](#). Além das defasagens utilizadas como variáveis instrumentais, todas as especificações têm a constante 1 como instrumento para a equação em nível, enquanto a especificação “gmm03” também utiliza as variáveis *cen_lat*, *distcr* e *ethfrac*, detalhadas na [seção 5.3](#), como instrumentos tanto para as equações em nível como em diferença. Assim, note que “gmm03” utiliza os mesmos instrumentos e regressores que “gmm02”, porém possui 3 instrumentos a mais (11 contra 8).

Na [Tabela 8](#), a nomenclatura “L(3/.)” representa todas as defasagens depois de $t - 3$, inclusive, e “L2D” indica a diferença da variável no período $t - 2$. Vale notar que as variáveis são tratadas como endógenas e não pré-determinadas, de forma que os instrumentos não incluem as variáveis no mesmo período que os regressores. Ademais, as especificações “gmm02” e “gmm03” utilizam instrumentos com duas ou mais defasagens com relação aos regressores, o que evita o problema de endogeneidade no caso de um

possível componente autoregressivo dos resíduos.

Tabela 8 – Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza o índice GCI como variável explicativa.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
Defasagens das variáveis usadas como regressores				
lptf	2	2	2	2
Variáveis explicativas	1	1	1	2
Número de instrumentos	15	8	11	11
Instrumentos para a equação em diferenças				
lptf	L(4/.)	L(5/.)	L(5/.)	L(4/.)
Variáveis explicativas	L(3/.)	L(4/.)	L(4/.)	L(4/.)
Instrumentos para a equação em nível				
lptf	L3D	L4D	L4D	L3D
Variáveis explicativas	L2D	L3D	L3D	L3D

Os testes sobre a validade das estimações realizadas são apresentados na [Tabela 9](#). Ela inclui os testes de autocorrelação dos erros (teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros) e de Sargan de sobre-identificação.

Tabela 9 – Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza o índice GCI como variável explicativa.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
Teste de Sargan com GMM em um estágio				
chi2	26.11	8.69	15.43996	17.189
p-valor chi2	0.0036	0.033	0.0171	0.0042
Teste de Sargan com GMM em dois estágios				
chi2	12.77	3.292	5.47786	10.4
p-valor chi2	0.2366	0.3488	0.4841	0.0646

Teste Arellano-Bond para ausência de autocorrelação				
ordem 1	0.0182	0.1376	0.1209	0.4136
ordem 2	0.5615	0.3816	0.2941	0.5269

No teste de autocorrelação dos erros, como a primeira diferença de uma variável iid é correlacionada serialmente, rejeitar a hipótese nula de ausência de autocorrelação de primeira ordem não implica que o modelo está mal especificado. No entanto, a rejeição em ordens superiores implica que as condições de momento não são válidas (STATACORP, 2011). A Tabela 9 mostra que nenhuma das especificações apresenta autocorrelação de segunda ordem ou superior, ao nível de 5% de significância ou até superior.

O teste de Sargan de sobre-identificação apresenta distribuição assintótica chi-quadrado quando o termo de erro é homoscedástico. Segundo Arellano e Bond (1991), na presença de heteroscedasticidade, o estimador *one-step GMM* tende a rejeitar mais do que o nível de significância estabelecido para a hipótese nula, enquanto o estimador *two-step GMM* tende a rejeitar menos a hipótese nula (STATACORP, 2011). Nos testes realizados, observa-se que as especificações estimadas não passam no teste com um estágio, ao nível de 5% de significância, sendo que somente “gmm02” e “gmm03” apresentam um p-valor superior a 1%. Já para o teste de Sargan com dois estágios, todas as especificações indicam a validade das condições de momento a níveis de significância razoáveis. Como Arellano e Bond (1991) mostram que o teste com um estágio tende a rejeitar mais do que o nível de significância estabelecido para a hipótese nula, na presença de heteroscedasticidade, os resultados das especificações “gmm02” e “gmm03” parecem apontar para a validade das suas condições de momento, de modo que seus resultados serão usados na análise dos coeficientes estimados.

Na Tabela 10 abaixo, são apresentados os resultados das 4 especificações estimadas com o uso de variáveis instrumentais. Todas as estimações foram feitas com o estimador Arellano–Bover/Blundell–Bond, por meio de um GMM em painel em dois estágios, com erro-padrão calculado de forma robusta (Windmeijer (2005) *WC-robust estimator*).

Considerando os resultados das colunas 2 e 3 da Tabela 10 (“gmm02” e “gmm03”), todos os coeficientes estimados se mostraram individualmente significantes (com exceção da constante), ao nível de até 10% de significância. Os resultados mostram que um aumento em uma unidade do índice GCI leva à um crescimento de 59 a 60% na produtividade no mesmo período. Porém, diminui a produtividade do ano posterior em cerca de 38 a 39%, fazendo com que o efeito final seja de cerca de 21% de aumento da PTF. Esse efeito é bem maior que aquele estimado por meio do método “Fixed” em painel simples, sem a utilização de variáveis instrumentais, o qual acusou um crescimento de 7% da produtividade por conta

de um aumento em uma unidade do índice GCI. Como comparação, se o Brasil elevasse seu índice GCI, em 2011, para os níveis da Suíça, nesse mesmo ano, a produtividade no país aumentaria em cerca de 30%.

O componente autoregressivo da estimação “gmm03” revela que o crescimento de 1% na PTF em um ano gera um aumento da mesma de 0,486% um ano à frente e de 0,313% depois de dois anos, levando a um crescimento acumulado de cerca de 1,035% da produtividade após dois anos. A especificação “gmm02” produz estimativas menores para os coeficientes das defasagens da PTF, de 0,474 para a primeira defasagem e de 0,28 para a segunda, de forma que um aumento de 1% na PTF leva a um crescimento total da própria PTF de 0,97% após dois anos.

Tabela 10 – Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se o índice GCI como variável explicativa. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
L.lptf	0.626*** (0.173)	0.474* (0.266)	0.486** (0.245)	0.483 (0.374)
L2.lptf	0.230** (0.107)	0.280** (0.125)	0.313*** (0.111)	0.371 (0.372)
gci	0.592*** (0.0889)	0.594*** (0.0790)	0.600*** (0.0798)	0.629*** (0.130)
L.gci	-0.475*** (0.125)	-0.383* (0.214)	-0.389** (0.194)	-0.389* (0.201)
L2.gci				-0.123 (0.262)
__cons	-0.630 (0.564)	-1.101 (0.980)	-1.072 (0.938)	-0.628 (0.519)
N	424	424	400	424

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. gci: Índice GCI. __cons: constante. L representa a defasagem de um período. L2 representa a defasagem de dois períodos.

7.2 Análise dos subíndices do GCI

A [Figura 17](#) apresenta o gráfico de dispersão de cada um dos subíndices com relação à PTF, incluindo uma linha de tendência, obtida por meio da regressão simples do subíndice em questão sobre a PTF. Para todos os três subíndices, observa-se, na [Figura 17](#), uma relação positiva com o logaritmo natural da PTF.

Figura 17 – Gráfico de dispersão e linha de tendência dos subíndices do GCI e do logaritmo natural da PTF.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1 e do GCI.

A [Tabela 11](#) abaixo exhibe, para o modelo com os três subíndices do GCI como variáveis explicativas, os resultados das estimações com dados em painel simples (sem variáveis instrumentais ou defasagens), realizadas por meio de quatro métodos distintos: (i) “Pooled”, que não pressupõe a existência de heterogeneidade não observada e possivelmente correlacionada com os regressores; (ii) “Between”, que trata a média das observações como uma cross-section, captando apenas variações entre indivíduos; (iii) “Fixed”, que trata as características não observadas possivelmente correlacionadas com os regressores; e (iv) “Random”, que pressupõe que as características não observadas têm distribuição independente dos regressores. O erro padrão apresentado é calculado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação serial dos erros, com exceção do modelo “Between”, que pressupõe que o termo de erro é iid.

A despeito de uma relação positiva obtida na regressão simples de cada subíndice sobre o logaritmo da PTF, conforme a [Figura 17](#), observa-se, na [Tabela 11](#), que o estimador “Pooled” gerou um coeficiente negativo para os “fatores de inovação”, quando controlado para os efeitos dos outros subíndices. Além disso, observa-se uma diferença grande no valor dos coeficientes estimados pelos métodos “Pooled” e “Between” em comparação ao método “Fixed”. O coeficiente de “A_basic”, por exemplo, sai de 0,62 e 0,67, com os estimadores “Pooled” e “Between”, respectivamente, para 0,07 com o “Fixed”.

Os resultados do método “Random” se mostraram mais próximos daqueles do estimador “Fixed”, porém o teste de Hausman deste (que considera o efeito fixo) contra o método com efeitos aleatórios indica que ambos são distintos, acusando a presença de heterogeneidade não observada dos países e correlacionada com os regressores: a hipótese nula de que os coeficientes estimados pelos dois modelos são iguais é rejeitada a 1% de nível de significância (o p-valor da estatística produzida é igual à zero em até quatro casas decimais). A estimação por “Fixed”, portanto, é preferível aos outros métodos, pelo fato de tratar adequadamente a heterogeneidade não observada dos países, resultando em estimativas consistentes à presença do viés de variável omitida.

Por esse método, apresentado na terceira coluna da [Tabela 11](#), as três variáveis explicativas são significantes ao nível de 10%, sendo que os “requisitos básicos” são significantes a 1%. O coeficiente dos “requisitos básicos” indica que o aumento em um ponto nesse subíndice eleva a produtividade, medida pela PTF, em 7%, enquanto a melhoria em um ponto nos “fatores de inovação” aumenta a PTF em cerca de 4,5%. Já o aumento em um ponto no subíndice dos “potencializadores de eficiência” está relacionado com uma diminuição da PTF de quase 7%, ao contrário do efeito esperado de um aumento da competitividade sobre a produtividade.

Tabela 11 – Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se os subíndices como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Pooled	Between	Fixed	Random
A_basic	0.625*** (0.118)	0.677*** (0.139)	0.0704*** (0.0183)	0.0933*** (0.0181)
B_efficiency	0.357** (0.155)	0.378* (0.226)	-0.0692* (0.0369)	-0.0366 (0.0364)
C_innovation	-0.227** (0.106)	-0.287* (0.156)	0.0449* (0.0247)	0.0569** (0.0268)
_cons	-4.251***	-4.349***	-0.953***	-1.241***

	(0.278)	(0.276)	(0.159)	(0.172)
R^2	0.638	0.656	0.054	
F	78.95	64.73	7.271	
N	636	636	636	636

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. A_basic: Requisitos Básicos.

B_efficiency: Potencializadores de Eficiência. C_innovation: Fatores de Inovação. __cons: constante.

Testando se as variáveis explicativas são exógenas, por meio de um teste de Sargan sobre a validade das condições de momento quando os regressores são tratados como exógenos, conclui-se pela rejeição dessas condições, ao nível de significância de 1%, indicando que as variáveis explicativas são endógenas e que os modelos devem ser estimados com o uso de variáveis instrumentais.

Foram estimadas cinco especificações distintas com o uso de variáveis instrumentais, adotando a defasagem do próprio índice e da variável dependente como instrumentos. A primeira especificação, “gmm01”, emprega o método de Arellano-Bond, que utiliza as condições de momento somente das equações em diferença. As outras empregam o método de Arellano-Bover/Blundell-Bond (Arellano-Bover/Blundell-Bond *linear dynamic panel-data estimator*), o qual explora também as condições de momento das equações em nível da variável dependente.

A [Tabela 12](#) apresenta as variáveis defasadas adotadas como regressores e aquelas adotadas como instrumentos, em cada especificação. Além das defasagens utilizadas como variáveis instrumentais, exibidas na [Tabela 12](#), todas as especificações têm a constante 1 como instrumento para a equação em nível. As especificações “gmm02” e “gmm04” também utilizam, como instrumentos tanto para as equações em nível como em diferença, as variáveis “tropical”, “ethfrac” e “cen_lat”, detalhadas na [seção 5.3](#).

Conforme colocado anteriormente, a nomenclatura “L(3/.)” representa todas as defasagens depois de $t - 3$, inclusive, e “L2D” indica a diferença da variável no período $t - 2$. Em linha com a estimação por GMM em painel para o modelo com o índice GCI, as variáveis também são tratadas como endógenas e não pré-determinadas, de forma que os instrumentos não incluem as variáveis no mesmo período que os regressores. No entanto, nenhuma especificação utiliza instrumentos com duas ou mais defasagens com relação aos regressores.

Tabela 12 – Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza os subíndices do GCI como variáveis explicativas.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
Defasagens das variáveis usadas como regressores				
lptf	2	2	1	1
Variáveis explicativas	1	1	2	2
Número de instrumentos	33	36	25	28
Instrumentos para a equação em diferenças				
lptf	L(4/.)	L(4/.)	L(3/.)	L(3/.)
Variáveis explicativas	L(3/.)	L(3/.)	L(4/.)	L(4/.)
Instrumentos para a equação em nível				
lptf	L3D	L3D	L2D	L2D
Variáveis explicativas	L2D	L2D	L3D	L3D

Para investigar a validade das especificações estimadas, a [Tabela 13](#) apresenta os testes de autocorrelação dos erros (teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros) e o teste de Sargan de sobre-identificação.

Tabela 13 – Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza os subíndices do GCI como variáveis explicativas.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
Teste de Sargan com GMM em um estágio				
chi2	40.31	46.26	12.64	13.95
p-valor chi2	0.0198	0.011	0.5547	0.6701
Teste de Sargan com GMM em dois estágios				
chi2	31.95	35.35	13.13	16.17
p-valor chi2	0.1282	0.1302	0.516	0.5116

Teste Arellano-Bond para ausência de autocorrelação				
ordem 1	0.0087	0.0038	0.0001	0.0004
ordem 2	0.1716	0.3117	0.7171	0.8067
ordem 3	.	.	.	.

Como se observa, nenhuma das especificações apresentou autocorrelação de segunda ordem nos erros, ao nível de significância de até 10%. No teste de Sargan de sobre-identificação, apenas as especificações “gmm03” e “gmm04” apresentaram resultados para os testes em um e dois estágios que sugerem a validade das condições de momento, portanto somente seus resultados serão considerados.

Na [Tabela 14](#), encontram-se os resultados da estimação com GMM em painel. Todas as estimativas foram feitas com GMM em dois estágios, com erro-padrão calculado de forma robusta ([Windmeijer \(2005\)](#) *WC-robust estimator*).

Analisando os resultados das colunas 3 e 4 da [Tabela 14](#), o efeito contemporâneo do aumento de um ponto nos “requisitos básicos”, em uma escala de 1 a 7 (desvio padrão de 0,8 na amostra), é um aumento de 15,3% na produtividade para a especificação “gmm03” e de 16,8% para a “gmm04”. No entanto, o coeficiente da defasagem dessa variável é cerca de -17,8% e -21,6%, respectivamente, gerando um efeito total negativo sobre a PTF, de -2,5%, na especificação “gmm03”, e de -4,8% na “gmm04”, ao contrário do esperado. Para os “potencializadores de eficiência”, somente a segunda defasagem exibiu um coeficiente estatisticamente distinto de zero em ambas as especificações, ainda assim a um nível de significância de 10%, indicando que o aumento de um ponto nesse subíndice (que tem desvio padrão de 0,71 na amostra) eleva a produtividade dois períodos a frente em cerca de 31,9% e 22,7%, sob as especificações “gmm03” e “gmm04”, respectivamente. Já os “fatores de inovação” não apresentaram coeficientes estatisticamente distintos de zero.

O componente autoregressivo das colunas “gmm03” e “gmm04” da [Tabela 18](#) apresenta um coeficiente de 0,91 e 0,945, respectivamente, que resulta num efeito sobre a PTF futura em linha com os resultados do modelo que utilizou os pilares de competitividade como variáveis explicativas, conforme exposto na [seção 7.3](#). Assim, outras variáveis mantidas constantes, a variação da produtividade em um ano carrega mais de 90% da variação do período anterior.

Tabela 14 – Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se os subíndices do GCI como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04
L.lptf	0.808*** (0.161)	0.880*** (0.158)	0.910*** (0.0514)	0.945*** (0.0349)
L2.lptf	0.120 (0.158)	0.0676 (0.154)		
A_basic	0.186*** (0.0439)	0.197*** (0.0446)	0.153*** (0.0453)	0.168*** (0.0420)
L.A_basic	-0.171*** (0.0426)	-0.162*** (0.0401)	-0.178*** (0.0417)	-0.216*** (0.0386)
L2.A_basic			0.0109 (0.0568)	0.0480 (0.0472)
B_efficiency	0.0368 (0.0899)	0.0638 (0.0944)	-0.0615 (0.181)	0.109 (0.127)
L.B_efficiency	0.0391 (0.0784)	0.00817 (0.0864)	-0.110 (0.160)	-0.206 (0.189)
L2.B_efficiency			0.319* (0.164)	0.227* (0.128)
C_innovation	0.0798 (0.0860)	0.0488 (0.0889)	0.0529 (0.0807)	0.0227 (0.0818)
L.C_innovation	-0.121* (0.0702)	-0.103 (0.0762)	-0.0460 (0.117)	-0.0829 (0.116)
L2.C_innovation			-0.0805 (0.0815)	-0.0116 (0.0782)
_cons	-0.295 (0.181)	-0.303** (0.137)	-0.336 (0.278)	-0.314 (0.195)
N	424	400	424	400

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. A_basic: Requisitos Básicos.

B_efficiency: Potencializadores de Eficiência. C_innovation: Fatores de Inovação. _cons: constante. L representa a defasagem de um período.

L2 representa a defasagem de dois períodos.

Os resultados da [Tabela 14](#), cujas estimações utilizam variáveis instrumentais e controlam para a endogeneidade na regressão, foram bem distintos daqueles apresentados pelo estimador “Fixed” na [Tabela 11](#), que não controla a endogeneidade. No entanto, de forma geral, as estimações da [Tabela 14](#) apresentaram poucos resultados significantes, sendo que a variável dos “requisitos básicos” gera um efeito negativo sobre a PTF.

Um dos problemas nas estimações realizadas parece ser a multicolinearidade, uma vez que os 3 subíndices possuem uma correlação alta entre si (média de 0,9), o que diminui a precisão das estimações empíricas quando essas variáveis são usadas como regressores ([KUMAR et al., 1975](#)).

Outro problema se refere à incerteza sobre o modelo verdadeiro que está por trás dos dados, ou seja, a correta especificação para ser testada empiricamente. Conforme colocado por [Danquah, Moral-Benito e Ouattara \(2014\)](#):

Model uncertainty arises due to the lack of clear theoretical guidance on the choice of TFP determinants that results in a wide set of possible empirical specifications. For example, in the empirical model considered in [Benhabib e Spiegel \(1994\)](#), TFP growth only depends on human capital; [Miller e Upadhyay \(2000\)](#) explain TFP as a function of human capital, the ratio of exports to GDP, the terms of trade, the price deviation from purchasing power parity, and the inflation rate; [Kneller e Stevens \(2006\)](#) study the effect of human capital and R&D on TFP growth. Therefore, the three studies have considered three different empirical models to explain TFP growth, being all of them equally valid a priori.¹⁰ As a result, a crucial challenge emerges because any conclusion about the main drivers of TFP depends on the empirical model selected. Indeed, [Miller e Upadhyay \(2000\)](#) conclude that “the stock of human capital contributes positively to TFP in many, but not all, specifications”. ([DANQUAH; MORAL-BENITO; OUATTARA, 2014](#), p. 237)

Para lidar com o problema da incerteza sobre o modelo correto a ser estimado, [Danquah, Moral-Benito e Ouattara \(2014\)](#) aplicam a metodologia de média Bayesiana de modelos, que consiste, simplificada, em estimar todas as possíveis regressões geradas por diferentes combinações dos regressores, sendo o estimador final dado por uma média ponderada das estimativas de cada regressão. O presente estudo não aplica essa metodologia, que se apresenta como uma possibilidade de se aprofundar na investigação da relação dos componentes do índice GCI com a PTF.

7.3 Análise dos pilares de competitividade

A [Figura 18](#) mostra o gráfico de dispersão de cada um dos pilares de competitividade do índice GCI com relação à PTF, incluindo uma linha de tendência, obtida por meio da regressão simples do pilar em questão sobre a PTF. Conforme se observa, todos os 12 pilares apresentaram uma relação positiva com o logaritmo natural da PTF.

Figura 18 – Gráfico de dispersão e linha de tendência dos pilares de competitividade do GCI e do logaritmo natural da PTF.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PWT 8.1 e do GCI.

Seguindo as análises realizadas nas seções anteriores, a [Tabela 15](#) apresenta os resultados das estimações em painel simples, com mínimos quadrados ordinários sem variáveis instrumentais ou defasagens, para o modelo com os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Os estimadores utilizados nessa análise inicial são: (i) “Pooled”, que não pressupõe a existência de heterogeneidade não observada e possivelmente correlacionada com os regressores; (ii) “Between”, que trata a média das observações como uma cross-section, captando apenas variações entre indivíduos; (iii) “Fixed”, que trata as características não observadas possivelmente correlacionadas com os regressores; e (iv) “Random”, que pressupõe que as características não observadas têm distribuição independente dos regressores. O erro padrão é calculado de forma robusta, tanto para

heteroscedasticidade quanto para a autocorrelação dos erros em cada país, com exceção do modelo “Between”, que pressupõe que o termo de erro é iid.

Observa-se, na [Tabela 15](#), que os valores dos coeficientes estimados com os métodos “Pooled” e “Between” são bem distintos daqueles dos métodos “Fixed” e “Random”. O valor do coeficiente estimado para o “ambiente macroeconômico”, por exemplo, sai de 0,17 com o método “Pooled” e de 0,195 com o “Between”, para 0,033 na estimativa pelo método “Fixed”, o que indica a presença de características fixas não observadas positivamente correlacionadas com esse pilar, sendo este o mesmo caso das outras variáveis que se mostraram significantes.

Realizando o teste de Hausman, para verificar se o componente de efeito fixo de país está presente e é correlacionado com os regressores, obteve-se um valor da estatística que leva à rejeição da hipótese nula de que os coeficientes estimados pelos métodos com efeitos fixos e com efeitos aleatórios são estatisticamente iguais, a 1% de nível de significância. Dessa forma, opta-se pelo método “Fixed”, que resulta em estimadores consistentes ao problema de heterogeneidade não observada dos países.

Utilizando esse método, apenas cinco variáveis, além da constante, apresentam coeficientes significantes, como pode ser visto na terceira coluna da [Tabela 15](#): ambiente macroeconômico, capacidade de absorção tecnológica, tamanho do mercado, sofisticação do ambiente de negócios e inovação. No entanto, somente duas apresentam o sinal do coeficiente de acordo com o previsto pela teoria econômica, indicando que uma maior competitividade dos países está relacionada com um maior nível de produtividade, medida pela PTF. Assim, o coeficiente do pilar “ambiente macroeconômico” mostra que um aumento de um ponto nesse indicador aumenta a produtividade (medida pela PTF) do país em cerca de 3%, enquanto o coeficiente da “sofisticação do ambiente de negócios” sugere que aumentar um ponto nesse indicador eleva a produtividade em cerca de 7%. Já os coeficientes dos pilares “capacidade de absorção tecnológica”, “tamanho do mercado” e “inovação” revelam que o aumento em um ponto nesses indicadores reduz a produtividade em aproximadamente 3%, 5% e 6%, respectivamente, o que aponta para um problema com a estimação, com o modelo especificado ou com os dados (por exemplo, os indicadores podem não medir o que realmente pretendem medir), supondo válida a premissa de que essas variáveis afetam positivamente a produtividade.

Tabela 15 – Comparação dos métodos em painel simples, utilizando-se os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Pooled	Between	Fixed	Random
A01_inst	0.220	0.237*	0.0221	0.0303

	(0.133)	(0.134)	(0.0235)	(0.0235)
A02_infra	0.0245 (0.0998)	0.0329 (0.102)	-0.00287 (0.0142)	0.00256 (0.0140)
A03_macro	0.177*** (0.0515)	0.195*** (0.0713)	0.0330*** (0.00807)	0.0377*** (0.00784)
A04_he_ed	0.143* (0.0730)	0.142 (0.118)	0.0149 (0.0120)	0.0236* (0.0127)
B05_hi_ed	0.181 (0.114)	0.134 (0.156)	0.0386 (0.0263)	0.0522** (0.0263)
B06_goods	-0.347* (0.194)	-0.436* (0.257)	-0.0316 (0.0355)	-0.0530 (0.0343)
B07_labor	-0.199** (0.0909)	-0.223* (0.120)	-0.00598 (0.0214)	-0.00768 (0.0219)
B08_finan	0.107 (0.0827)	0.129 (0.126)	0.0116 (0.0154)	0.0160 (0.0165)
B09_tech	0.241*** (0.0785)	0.373** (0.146)	-0.0290** (0.0129)	-0.0211 (0.0130)
B10_m_size	0.0579 (0.0524)	0.0821 (0.0598)	-0.0470*** (0.0150)	-0.0258 (0.0167)
C11_soph	0.214 (0.161)	0.105 (0.232)	0.0706** (0.0331)	0.100*** (0.0329)
C12_innov	-0.275** (0.125)	-0.287* (0.159)	-0.0633** (0.0242)	-0.0589** (0.0251)
_cons	-3.348*** (0.472)	-3.035*** (0.582)	-0.894*** (0.149)	-1.250*** (0.175)
R^2	0.706	0.731	0.220	
F	34.11	21.11	6.210	
N	636	636	636	636

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. A01_inst: Instituições. A02_infra: Infraestrutura. A03_macro: Ambiente Macroeconômico. A04_he_ed: Saúde e Ensino Básico. B05_hi_ed: Ensino Superior e Treinamento. B06_goods: Eficiência do Mercado de Produtos. B07_labor: Eficiência do Mercado de Trabalho. B08_finan: Desenvolvimento do Mercado Financeiro. B09_tech: Capacidade de Absorção Tecnológica. B10_m_size: Tamanho do Mercado. C11_soph: Sofisticação do Ambiente de Negócios. C12_innov: Inovação. _cons: constante.

Mesmo tratando o efeito fixo dos países, as variáveis explicativas podem sofrer de endogeneidade, como é comum em modelos de crescimento, fazendo com que as estimativas sejam inconsistentes. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando a produtividade também influencia o nível de competitividade de um país, além de ser influenciada por ela, resultando no caso de equações simultâneas (ACEMOGLU, 2008). Estimando um GMM em painel, onde as variáveis explicativas são tratadas como estritamente exógenas, e depois testando a validade das condições de momento por meio de um teste de Sargan de sobre-identificação, conclui-se pela rejeição das condições de momento, ao nível de significância de 1%, o que leva à rejeição da premissa de exogeneidade das variáveis explicativas.

Tendo em vista a endogeneidade dos regressores, realizou-se a estimação do modelo com o uso de variáveis instrumentais, adotando-se as próprias variáveis explicativas defasadas e a variável dependente defasada como instrumentos, seguindo os trabalhos de Arellano e Bond (1991), Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998), conforme apresentado no Capítulo 4.

Foram estimadas cinco especificações distintas, com dois estimadores distintos. A primeira especificação, “gmm01”, emprega o estimador de Arellano-Bond, que utiliza as condições de momento somente das equações em diferença. As outras empregam o estimador de Arellano-Bover/Blundell-Bond (Arellano-Bover/Blundell-Bond *linear dynamic panel-data estimator*), o qual explora as condições de momento tanto das equações em diferença quanto em nível.

A Tabela 12 apresenta as variáveis defasadas adotadas como regressores e aquelas adotadas como instrumentos, juntamente com o número total de instrumentos, em cada especificação. Além das defasagens utilizadas como variáveis instrumentais, exibidas na Tabela 12, todas as especificações têm a constante 1 como instrumento para a equação em nível. As especificações “gmm03” e “gmm05” também utilizam, como instrumentos tanto para as equações em nível como em diferença, as variáveis “tropicalar”, “ethfrac” e “cen_lat”, detalhadas na seção 5.3.

Na Tabela 12, a nomenclatura “L(2/3)” indica a variável em questão com dois e

três períodos de defasagem com relação ao período t da variável dependente³, “L(3/.)” representa todas as defasagens depois de $t - 3$, inclusive, e “L2D” indica a diferença da variável no período $t - 2$.

Tabela 16 – Defasagens das variáveis usadas como regressores e instrumentos, para diferentes especificações do modelo que utiliza os pilares de competitividade como variáveis explicativas.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04	gmm05
Defasagens das variáveis usadas como regressores					
lptf	2	1	1	2	2
Variáveis explicativas	0	1	1	1	1
Número de instrumentos	79	66	69	63	66
Instrumentos para a equação em diferenças					
lptf	L(2/3)	L(4/.)	L(4/.)	L(5/.)	L(5/.)
Variáveis explicativas	L(2/3)	L(4/.)	L(4/.)	L(4/.)	L(4/.)
Instrumentos para a equação em nível					
lptf	.	L3D	L3D	L4D	L4D
Variáveis explicativas	.	L3D	L3D	L3D	L3D

Note que as variáveis são tratadas como endógenas e não pré-determinadas⁴, uma vez que os instrumentos utilizados não incluem as variáveis no mesmo período que os regressores, sendo que as especificações “gmm02”, “gmm03”, “gmm04” e “gmm05” utilizam instrumentos com duas defasagens com relação aos regressores, o que evita o problema de endogeneidade no caso de um possível componente autoregressivo dos resíduos.

Para investigar a validade de cada especificação estimada, a [Tabela 17](#) apresenta os testes de autocorrelação dos erros (teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros) e o teste de Sargan de sobre-identificação.

³ O modelo da coluna “gmm01” utiliza apenas duas defasagens como instrumentos, o que gerou resultados melhores tanto em termos de testes de consistência, quanto na questão de significância dos coeficientes, quando se compara com estimações que empregam mais defasagens como instrumentos.

⁴ Isso se deve ao fato de que os modelos apresentaram testes ruins de sobre-identificação e de autocorrelação dos erros, a níveis razoáveis de significância, quando as variáveis foram tratadas como pré-determinadas.

Tabela 17 – Testes de Sargan de sobreidentificação e teste de Arellano-Bond de autocorrelação sobre a primeira diferença dos erros, para diferentes especificações do modelo que utiliza os pilares de competitividade como variáveis explicativas.

	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04	gmm05
Teste de Sargan com GMM em um estágio					
chi2	102.2	16.19	35.94	23.6	25.23
p-valor chi2	0.0017	0.9997	0.7686	0.9443	0.9568
Teste de Sargan com GMM em dois estágios					
chi2	62.2	34.46	31.99	30.47	29.68
p-valor chi2	0.5403	0.7171	0.8913	0.7283	0.859
Teste Arellano-Bond para ausência de autocorrelação					
ordem 1	0.0233	0.0003	0.0015	0.0057	0.0041
ordem 2	0.5102	0.098	0.1063	0.4139	0.4669
ordem 3	.	0.0523	0.0915	.	.

No teste de autocorrelação dos erros, somente as especificações “gmm02” e “gmm03” exibiram sinais de autocorrelação nos erros, considerando um nível de significância de 10%, o que invalida seus resultados.

O teste de Sargan de sobre-identificação também é exibido na [Tabela 17](#). Todas as especificações apresentaram evidências que apontam para a validade das condições de momento, a níveis razoáveis de significância, para os testes tanto com um quanto com dois estágios. A exceção foi a especificação “gmm01”, que exibiu um p-valor abaixo de 1% para o teste com um estágio. Como, segundo [Arellano e Bond \(1991\)](#), na presença de heteroscedasticidade o estimador *one-step GMM* tende a rejeitar mais do que o nível de significância estabelecido para a hipótese nula, enquanto o estimador *two-step GMM* tende a rejeitar a hipótese nula menos que o nível de significância, pode-se argumentar a favor da validade da especificação “gmm01”, porém a análise dos resultados dará prioridade às especificações “gmm04” e “gmm05”.

Os resultados para as 5 especificações, estimadas com GMM em painel em dois estágios, são apresentados na [Tabela 18](#). O erro-padrão é calculado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação ([Windmeijer \(2005\)](#) *WC-robust estimator*).

Analizando os coeficientes estatisticamente distintos de zero nas colunas 4 e 5 da [Tabela 18](#), o “ambiente macroeconômico apresentou um coeficiente para seu valor

corrente igual a 0,0276 e significativa, a 5%, na especificação “gmm05”. Na especificação “gmm04”, esse pilar apresentou um coeficiente positivo para o valor corrente da variável e negativo para sua defasagem, gerando um efeito nulo. Na especificação “gmm04”, o “desenvolvimento do mercado financeiro” apresentou um coeficiente de 0,0656 para seu valor corrente, significativo a 5%, porém sua defasagem exibiu um coeficiente de -0,0538, significativo a 10%, o que leva a um efeito líquido de 0,0118 sobre a PTF. O pilar “capacidade de absorção tecnológica também exibiu, na especificação “gmm04”, coeficientes significantes e com sinais trocados para seu valor corrente e sua defasagem, gerando um efeito total nulo. Na especificação “gmm05”, somente seu valor corrente foi significativo, a 5%, mostrando um efeito negativo de 0,0512 desse pilar sobre a PTF. Finalmente, o “tamanho de mercado” apresentou coeficientes significantes, a 10%, porém com efeito final nulo.

Na especificação “gmm01”, o coeficiente do pilar “saúde e ensino básico” é significativo a 1% e sugere que o aumento de um ponto nesse componente do índice GCI eleva a produtividade em quase 5%, porém esse resultado deve ser visto com cautela por conta da possível invalidade das condições de momento na regressão estimada. A “infraestrutura” também se mostrou significativa na especificação “gmm02”, assim como o pilar de “eficiência do mercado de produtos na especificação “gmm03”, porém essas estimações não passaram no teste de autocorrelação dos erros.

Com relação ao componente autoregressivo das colunas 4 e 5, a defasagem de um período da variável dependente exibiu um coeficiente de 0,975 e de 1.028, respectivamente. Segundo [Holtz-Eakin, Newey e Rosen \(1988\)](#), por causa da distribuição de amostras infinitas do estimador ser derivada para um número fixo de períodos e um número crescente de indivíduos, não há problemas de raiz unitária, enquanto [Blundell, Bond e Windmeijer \(2001\)](#) mostram que as condições de momento do estimador de sistema permanecem informativas mesmo quando o valor verdadeiro do coeficiente se aproxima de um ([STATA CORP, 2011](#)). Esses resultados mostram que a variação da produtividade em um período está relacionada a uma variação de magnitude próxima ou superior no próximo período.

Tabela 18 – Resultados das diferentes especificações estimadas por GMM em painel com variáveis instrumentais, utilizando-se os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Erro-padrão dos coeficientes estimado de forma robusta a heteroscedasticidade e autocorrelação.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	gmm01	gmm02	gmm03	gmm04	gmm05
L.lptf	0.427*** (0.121)	0.958*** (0.0246)	0.968*** (0.0263)	0.975*** (0.187)	1.028*** (0.171)
L2.lptf	-0.148**			-0.0124	-0.0547

	(0.0679)			(0.180)	(0.168)
A01_inst	0.0231 (0.0324)	-0.0437 (0.0614)	-0.0159 (0.0443)	0.00153 (0.0457)	0.00891 (0.0429)
A02_infra	0.00114 (0.0168)	0.0419* (0.0254)	0.0302 (0.0198)	0.0314 (0.0259)	0.0221 (0.0230)
A03_macro	0.0307*** (0.0105)	0.0201 (0.0149)	0.0251** (0.0104)	0.0279* (0.0147)	0.0276** (0.0112)
A04_he_ed	0.0475*** (0.0184)	-0.00855 (0.0302)	0.0000892 (0.0244)	-0.000455 (0.0358)	-0.00438 (0.0291)
B05_hi_ed	0.0241 (0.0314)	0.0293 (0.0673)	0.0354 (0.0524)	0.0104 (0.0651)	0.0566 (0.0558)
B06_goods	-0.0143 (0.0249)	0.0275 (0.0475)	0.0658* (0.0392)	0.0287 (0.0534)	0.0661 (0.0607)
B07_labor	-0.0250 (0.0308)	-0.0391 (0.0739)	-0.0393 (0.0530)	-0.0136 (0.0642)	-0.0493 (0.0547)
B08_finan	-0.00802 (0.0142)	0.0585** (0.0269)	0.0279 (0.0290)	0.0656** (0.0316)	0.0291 (0.0252)
B09_tech	-0.0368* (0.0193)	-0.0485* (0.0284)	-0.0526** (0.0225)	-0.0599** (0.0277)	-0.0512** (0.0234)
B10_m_size	-0.0718** (0.0364)	-0.124** (0.0513)	-0.0784** (0.0355)	-0.0688 (0.0724)	-0.0998* (0.0606)
C11_soph	0.0332 (0.0399)	0.00968 (0.0641)	-0.0536 (0.0517)	-0.00940 (0.0625)	-0.0458 (0.0556)
C12_innov	-0.0694 (0.0462)	-0.0143 (0.0601)	0.0335 (0.0530)	-0.0235 (0.0694)	-0.00322 (0.0587)
L.A01_inst		0.00965 (0.0602)	-0.0151 (0.0442)	-0.0296 (0.0459)	-0.0301 (0.0461)
L.A02_infra		-0.0165 (0.0247)	-0.00356 (0.0198)	-0.00851 (0.0264)	-0.00418 (0.0222)

L.A03_macro		-0.0265 (0.0177)	-0.0235* (0.0129)	-0.0313* (0.0171)	-0.0249 (0.0166)
L.A04_he_ed		0.00391 (0.0209)	-0.0144 (0.0169)	-0.00319 (0.0265)	-0.00905 (0.0223)
L.B05_hi_ed		0.00472 (0.0521)	0.00614 (0.0476)	0.0159 (0.0546)	-0.00898 (0.0557)
L.B06_goods		-0.0262 (0.0462)	-0.0243 (0.0335)	-0.0105 (0.0433)	-0.0296 (0.0426)
L.B07_labor		0.0582 (0.0697)	0.0452 (0.0462)	0.0280 (0.0582)	0.0470 (0.0466)
L.B08_finan		-0.0447 (0.0295)	-0.0235 (0.0225)	-0.0538* (0.0324)	-0.0233 (0.0234)
L.B09_tech		0.0464 (0.0298)	0.0331 (0.0249)	0.0544* (0.0284)	0.0308 (0.0257)
L.B10_m_size		0.121** (0.0488)	0.0800** (0.0364)	0.0731 (0.0703)	0.0982* (0.0591)
L.C11_soph		0.0195 (0.0590)	0.0303 (0.0467)	0.00492 (0.0563)	0.0322 (0.0447)
L.C12_innov		-0.0294 (0.0684)	-0.0397 (0.0657)	0.00377 (0.0720)	-0.00734 (0.0577)
__cons	-0.399 (0.306)	-0.178 (0.138)	-0.140 (0.123)	-0.172 (0.122)	-0.135 (0.159)
N	318	530	500	424	400

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

lptf: Logaritmo natural da PTF. A01_inst: Instituições. A02_infra: Infraestrutura. A03_macro: Ambiente Macroeconômico. A04_he_ed: Saúde e Ensino Básico. B05_hi_ed: Ensino Superior e Treinamento. B06_goods: Eficiência do Mercado de Produtos. B07_labor: Eficiência do Mercado de Trabalho. B08_finan: Desenvolvimento do Mercado Financeiro. B09_tech: Capacidade de Absorção Tecnológica. B10_m_size: Tamanho do Mercado. C11_soph: Sofisticação do Ambiente de Negócios. C12_innov: Inovação. _cons: constante. L representa a defasagem de um período.

Como se observa na [Tabela 18](#), as estimativas dos coeficiente foram bem distintas entre as diferentes especificações, além de que muitas variáveis não se mostraram distintas de zero. Esse comportamento, mais do que no modelo com os subíndices da [seção 7.2](#), sugere a questão da incerteza com relação ao modelo correto por trás dos dados, além da questão de multicolinearidade (correlação média entre os pilares de 0,65). Conforme sugerido na [seção 7.2](#), metodologias que tratam da incerteza do modelo podem ser aplicadas, o que se apresenta como uma possibilidade de se aprofundar na investigação da relação dos componentes do índice GCI com a PTF.

8 Conclusão

Este trabalho procurou investigar os determinantes da produtividade. Para tanto, foi feita uma breve revisão bibliográfica acerca dos principais fatores encontrados na literatura, foram construídas medidas da produtividade total dos fatores, e analisou-se o efeito, sobre a PTF, do índice GCI e seus componentes, que buscam levar em conta o “conjunto de instituições, políticas e fatores que determinam o nível de produtividade de uma economia” ([World Economic Forum, 2014](#), p. 4).

Analisando as medidas de PTF calculadas para o Brasil, observou-se que esta cresceu consideravelmente no período entre 1950 até meados da década de 1970, quando atingiu seu ápice histórico. Nas décadas seguintes, até o início do novo século, ela se reduziu até voltar a patamares próximos do final da década de 1960. Ou seja, a produtividade no Brasil caiu consideravelmente depois da década de 1970, sendo que só voltou a melhorar a partir dos anos 2000. No entanto, o formato da curva já parecia indicar uma nova inversão da série, que parece se comprovar com o baixo crescimento do PIB visto desde 2011.

Comparado com outros países, o Brasil apresentou, nas últimas décadas, uma performance da PTF inferior à de países com características semelhantes, e abaixo até mesmo da evolução da fronteira tecnológica, resultando em uma divergência desse indicador com relação às principais nações desenvolvidas.

Na análise dos determinantes da PTF, foram estimados três modelos distintos: com o índice GCI, com os subíndices do GCI e com os pilares de competitividade como variáveis explicativas. Em todos os três casos analisados, o teste de Hausman indicou a presença de heterogeneidade não observada e correlacionada com os regressores, confirmando a importância de se considerar o efeito fixo nas regressões, conclusão similar à encontrada por [Danquah, Moral-Benito e Ouattara \(2014\)](#). Além disso, nos três casos os regressores mostraram evidências de endogeneidade, uma vez que o teste de Sargan para a validade das condições de momento foi rejeitado, ao nível de 1%, quando as variáveis explicativas foram tratadas como exógenas.

Analisando os resultados do modelo que utiliza os pilares de competitividade, o “ambiente macroeconômico”, a “saúde e ensino básico” e o “desenvolvimento do mercado financeiro” apresentaram um impacto positivo sobre a PTF. Já a “capacidade de absorção tecnológica” apresentou efeito líquido negativo sobre a PTF, ao contrário do que era esperado.

Para o modelo que usou os subíndices do GCI como variáveis explicativas, os estimadores GMM em painel apresentaram poucos resultados estatisticamente significantes e em linha com o que era esperado. O impacto dos “requisitos básicos” sobre a PTF

foi negativo, levando em conta o efeito de seu valor contemporâneo e de sua defasagem, ao contrário do que era esperado; para os “potencializadores de eficiência”, somente a segunda defasagem, em uma das especificações estimadas, exibiu um coeficiente positivo e significativo; já os “fatores de inovação” não apresentaram coeficientes estatisticamente distintos de zero.

No modelo que tem o índice GCI como regressor, os resultados mostraram que um aumento em uma unidade do índice leva à um crescimento de 59% na produtividade no mesmo período, porém diminui a produtividade do ano posterior em 38%, fazendo com que o efeito final seja de cerca de 21% de aumento da PTF.

O coeficiente do componente autoregressivo apresentou um valor próximo de um no modelo com os pilares de competitividade, entre 0,91 e 0,945 no modelo com os subíndices do GCI, e um efeito acumulado das duas defasagens próximo de um (após dois períodos) no modelo com o índice GCI. Esses resultados mostram que grande parte da variação da PTF em um ano é carregada para os anos posteriores, indicando uma persistência elevada da produtividade.

De forma geral, os modelos que tiveram os pilares de competitividade e os subíndices como variáveis explicativas apresentaram resultados bastante distintos para as diferentes especificações, sendo que algumas variáveis se mostraram significantes em algumas e em outras não. Esses resultados sugerem dois problemas com as estimações realizadas. Por um lado, parece haver um problema de multicolinearidade, principalmente com os 3 subíndices, que possuem um coeficiente de correlação médio de 0,9, enquanto a média dessas correlações entre os pilares é de 0,65. Por outro lado, existe a incerteza sobre o modelo verdadeiro que está por trás dos dados.

Enquanto a multicolinearidade não poder ser tratada, o problema da incerteza a respeito do modelo teórico a ser testado pode ser reduzido com o uso de metodologias alternativas, como de média Bayesiana de modelos, como sugerem [Sala-I-Martin, Doppelhofer e Miller \(2004\)](#), [Fernandez, Ley e Steel \(2001\)](#) e [Danquah, Moral-Benito e Ouattara \(2014\)](#), o que se apresenta como uma possibilidade de se aprofundar na investigação da relação dos componentes do índice GCI com a PTF.

Referências

- ABRAMOVITZ, M. Resource and output trends in the united states since 1870. In: *Resource and Output Trends in the United States Since 1870*. [S.l.]: NBER, 1956. p. 1–23. Citado na página 17.
- ACEMOGLU, D. *Introduction to modern economic growth*. [S.l.]: Princeton University Press, 2008. Citado 8 vezes nas páginas 12, 18, 20, 25, 28, 29, 71 e 85.
- ACEMOGLU, D.; JOHNSON, S.; ROBINSON, J. A. The colonial origins of comparative development: An empirical investigation. *The American Economic Review*, American Economic Association, v. 91, n. 5, p. 1369–1401, 2001. Citado na página 26.
- ADAMKIEWICZ, H. G.; KOT, S. M. How does international competitiveness affect economic development? a two-phase hypothesis. *Optimum. Economic Studies*, Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, v. 71, n. 5, p. 30–37, 2014. Citado na página 15.
- ALESINA, A. et al. Fractionalization. *Journal of Economic growth*, Springer, v. 8, n. 2, p. 155–194, 2003. Citado na página 58.
- AMAR, M. B.; HAMDI, M. T. Global competitiveness and economic growth: Empirical verification for african countries. *International Journal of Economics and Finance*, Canadian Center of Science and Education, v. 4, n. 6, p. 125, 2012. Citado na página 15.
- ANDERSON, T. W.; HSIAO, C. Estimation of dynamic models with error components. *Journal of the American Statistical Association*, Taylor & Francis, v. 76, n. 375, p. 598–606, 1981. Citado na página 43.
- ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, v. 58, p. 297–297, 1991. Citado 4 vezes nas páginas 43, 73, 85 e 87.
- ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of econometrics*, Elsevier, v. 68, n. 1, p. 29–51, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 85.
- ARRUDA, C. A. et al. A relação entre crescimento econômico e competitividade: um estudo sobre a capacidade de previsão do global competitiveness report. *BASE Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, v. 6, n. 4, p. 285–298, 2009. Citado na página 15.
- BARRO, R. J.; LEE, J. W. A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010. *Journal of development economics*, Elsevier, v. 104, p. 184–198, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 52.
- BARRO, R. J.; MARTIN, X. Sala-i. Technological diffusion, convergence, and growth. *Journal of Economic Growth*, JSTOR, v. 2, n. 1, p. 1–26, 1997. Citado na página 30.

- BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. M. The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary economics*, Elsevier, v. 34, n. 2, p. 143–173, 1994. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 81.
- BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. M. Human capital and technology diffusion. *Handbook of economic growth*, Elsevier, v. 4, 2005. Citado na página 24.
- BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, Elsevier, v. 87, n. 1, p. 115–143, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 85.
- BLUNDELL, R.; BOND, S.; WINDMEIJER, F. Estimation in dynamic panel data models: improving on the performance of the standard gmm estimator. *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels*, v. 15, p. 53–91, 2001. Citado na página 88.
- BOERI, T.; GARIBALDI, P. Two tier reforms of employment protection: a honeymoon effect?*. *The Economic Journal*, Wiley Online Library, v. 117, n. 521, p. F357–F385, 2007. Citado na página 30.
- BOOTH, A. L.; FRANK, J. Earnings, productivity, and performance-related pay. *Journal of Labor Economics*, JSTOR, v. 17, n. 3, p. 447–463, 1999. Citado na página 29.
- BUCCIROSSI, P. et al. Competition policy and productivity growth: an empirical assessment. *Review of Economics and Statistics*, MIT Press, v. 95, n. 4, p. 1324–1336, 2013. Citado na página 25.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics: methods and applications*. [S.l.]: Cambridge university press, 2005. Citado na página 40.
- CANNING, D.; PEDRONI, P. Infrastructure and long run economic growth. *Center for Analytical Economics working paper*, Cornell University, v. 99, p. 09, 1999. Citado na página 27.
- CASELLI, F. Accounting for cross-country income differences. *Handbook of economic growth*, Elsevier, v. 1, p. 679–741, 2005. Citado 4 vezes nas páginas 28, 39, 52 e 53.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, Econometric Society, v. 50, n. 6, p. 1393–1414, 1982. Citado na página 37.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers. *The Economic Journal*, Wiley on behalf of the Royal Economic Society, v. 92, n. 365, p. 73–86, 1982. Citado na página 37.
- COMIN, D.; HOBIIJN, B. An exploration of technology diffusion. *The American Economic Review*, JSTOR, v. 100, n. 5, p. 2031–59, 2010. Citado na página 30.
- DANQUAH, M.; MORAL-BENITO, E.; OUATTARA, B. Tfp growth and its determinants: a model averaging approach. *Empirical Economics*, Springer, v. 47, n. 1, p. 227–251, 2014. Citado 5 vezes nas páginas 24, 25, 81, 92 e 93.

- DEATON, A.; HESTON, A. Understanding pppls and ppp-based national accounts. *American Economic Journal: Macroeconomics*, American Economic Association, v. 2, n. 4, p. 1–35, 2010. Citado na página 48.
- DIEWERT, W. E.; MORRISON, C. J. Adjusting output and productivity indexes for changes in the terms of trade. *The Economic Journal*, Wiley on behalf of the Royal Economic Society, v. 96, n. 383, p. 659–679, 1986. Citado na página 37.
- FEENSTRA, R. C.; INKLAAR, R.; TIMMER, M. *The next generation of the Penn World Table*. [S.l.], 2013. Citado 6 vezes nas páginas 36, 37, 39, 48, 49 e 52.
- FERNANDEZ, C.; LEY, E.; STEEL, M. F. Model uncertainty in cross-country growth regressions. *Journal of applied Econometrics*, Wiley Online Library, v. 16, n. 5, p. 563–576, 2001. Citado na página 93.
- FEYRER, J. *Trade and Income—Exploiting Time Series in Geography*. [S.l.], 2009. Citado na página 31.
- FILHO, F. d. H. B.; PESSÔA, S. d. A.; VELOSO, F. A. Evolução da produtividade total dos fatores na economia brasileira com ênfase no capital humano-1992-2007. *Revista Brasileira de Economia*, SciELO Brasil, v. 64, n. 2, p. 91–113, 2010. Citado na página 35.
- FISCHER, S. The role of macroeconomic factors in growth. *Journal of monetary economics*, Elsevier, v. 32, n. 3, p. 485–512, 1993. Citado na página 27.
- FRANKEL, J. A.; ROMER, D. Does trade cause growth? *The American Economic Review*, American Economic Association, v. 89, n. 3, p. 379–399, 1999. Citado na página 31.
- GALLUP, J. L.; SACHS, J. D.; MELLINGER, A. D. Geography and economic development. *International regional science review*, Sage Publications, v. 22, n. 2, p. 179–232, 1999. Citado na página 58.
- GOMES, V.; PESSÔA, S.; VELOSO, F. Evolução da produtividade total dos fatores na economia brasileira: uma análise comparativa. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, IPEA Rio de Janeiro, v. 33, n. 3, p. 389–434, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 35, 39 e 59.
- GRAMLICH, E. M. Infrastructure investment: A review essay. *Journal of economic literature*, JSTOR, v. 32, n. 3, p. 1176–1196, 1994. Citado na página 27.
- HALL, R. E.; JONES, C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others? *The Quarterly Journal of Economics*, v. 114, n. 1, p. 83–116, 1999. Citado 4 vezes nas páginas 26, 35, 38 e 58.
- HAYASHI, F. *Econometrics*. Princeton University Press, 2011. ISBN 9781400823833. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=QyIW8WUIyzcC>>. Citado na página 57.
- HOLTZ-EAKIN, D.; NEWKEY, W.; ROSEN, H. S. Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 1371–1395, 1988. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 88.

- HOPENHAYN, H.; ROGERSON, R. Job turnover and policy evaluation: A general equilibrium analysis. *Journal of political Economy*, JSTOR, p. 915–938, 1993. Citado na página 29.
- HSIEH, C.-T.; KLENOW, P. J. Development accounting. *American Economic Journal: Macroeconomics*, American Economic Association, v. 2, n. 1, p. 207–223, 2010. Citado na página 12.
- International Monetary Fund. *World Economic Outlook: Adjusting to Lower Commodity Prices (october)*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/02/pdf/text.pdf>>. Citado na página 13.
- International Monetary Fund. *World Economic Outlook: Uneven Growth: Short- and Long-Term Factors (april)*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/01/pdf/text.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 111.
- ISAKSSON, A. Determinants of total factor productivity: A literature review. *Research and Statistics Branch, UNIDO*, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- JR, R. E. Desafios para o cálculo da produtividade total dos fatores. *Produtividade no Brasil: Desempenho e determinantes*, v. 1, 2014. Citado na página 63.
- KAISER, U. Product innovation and product innovation marketing: theory and microeconomic evidence. ZEW Discussion Paper, n. 1, 2001. Citado na página 32.
- KNELLER, R.; STEVENS, P. A. Frontier technology and absorptive capacity: Evidence from oecd manufacturing industries*. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Wiley Online Library, v. 68, n. 1, p. 1–21, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 81.
- KORDALSKA, A.; OLCZYK, M. et al. Global competitiveness and economic growth: A one-way or two-way relationship? *Institute of Economic Research Working Papers*, Institute of Economic Research and Polish Economic Society Branch in Torun, n. 63, 2015. Citado na página 15.
- KUMAR, T. K. et al. Multicollinearity in regression analysis. *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, v. 57, n. 3, p. 365–66, 1975. Citado 2 vezes nas páginas 68 e 81.
- LAZEAR, E. P. The power of incentives. *American Economic Review*, JSTOR, p. 410–414, 2000. Citado na página 29.
- MANKIW, N. G.; ROMER, D.; WEIL, D. N. A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 107, n. 2, p. 407–437, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- MATION, L. F. Comparações internacionais de produtividade e impactos do ambiente de negócios. *Produtividade no Brasil: Desempenho e determinantes*, v. 1, 2014. Citado na página 50.
- MAWSON, P.; CARLAW, K.; MCCLELLAN, N. *Productivity measurement: Alternative approaches and estimates*. [S.l.], 2003. Citado 3 vezes nas páginas 16, 35 e 38.
- MESSA, A. Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. *Produtividade no Brasil: Desempenho e determinantes*, v. 1, 2014. Citado na página 13.

- MILLER, S. M.; UPADHYAY, M. P. The effects of openness, trade orientation, and human capital on total factor productivity. *Journal of development economics*, Elsevier, v. 63, n. 2, p. 399–423, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 81.
- MINCER, J. *Schooling, Experience, and Earnings*. *Human Behavior and Social Institutions*. [S.l.]: ERIC, 1974. Citado na página 38.
- MOKYR, J. *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. [S.l.]: Oxford University Press, 1990. Citado na página 18.
- NEGRI, F. D.; CAVALCANTE, L. R. Os dilemas e os desafios da produtividade no brasil. *Produtividade no Brasil: Desempenho e determinantes*, v. 1, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 61.
- NORTH, D. C. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, American Economic Association, v. 5, n. 1, p. 97–112, 1991. Citado na página 26.
- PARENTE, S. L.; PRESCOTT, E. C. Barriers to technology adoption and development. *Journal of political Economy*, JSTOR, p. 298–321, 1994. Citado na página 30.
- RODRIGUEZ, F.; RODRIK, D. Trade policy and economic growth: a skeptic's guide to the cross-national evidence. In: *NBER Macroeconomics Annual 2000, Volume 15*. [S.l.]: MIT Press, 2001. p. 261–338. Citado na página 31.
- RODRIK, D.; SUBRAMANIAN, A.; TREBBI, F. Institutions rule: the primacy of institutions over geography and integration in economic development. *Journal of economic growth*, Springer, v. 9, n. 2, p. 131–165, 2004. Citado na página 26.
- ROMER, P. Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, The University of Chicago Press, v. 98, n. 5, p. 71–102, 1990. Citado na página 31.
- ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. *The journal of political economy*, University of Chicago Press, v. 94, p. 1002–1037, 1986. Citado na página 19.
- SALA-I-MARTÍN, X.; ARTADI, E. V. The global competitiveness index. *The Global Competitiveness Report 2004–2005*, p. 51–80, 2004. Citado na página 26.
- SALA-I-MARTÍN, X. et al. Drivers of long-run prosperity: Laying the foundations for an updated global competitiveness index. *The Global Competitiveness Report 2015–2016*, p. 43–74, 2015. Citado 7 vezes nas páginas 26, 27, 28, 30, 31, 32 e 101.
- SALA-I-MARTIN, X.; DOPPELHOFER, G.; MILLER, R. I. Determinants of long-term growth: A bayesian averaging of classical estimates (bace) approach. *American Economic Review*, v. 94, n. 4, p. 813–835, 2004. Disponível em: <<http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/0002828042002570>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 93.
- SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, socialism and democracy*. Routledge, 2013. ISBN 9781134841516. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=MRg5crpAOBIC>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 23.
- SMITH, A. *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. E. Cannan, 1776. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=i_EOvi4LT_QC>. Citado 3 vezes nas páginas 14, 23 e 31.

- SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, Oxford University Press, v. 70, p. 65–94, 1956. Citado 3 vezes nas páginas 14, 23 e 51.
- STATA CORP. *Stata longitudinal-data/panel-data reference manual. Release 12*. [S.l.]: Stata Press, 2011. Citado 4 vezes nas páginas 43, 47, 73 e 88.
- SWAN, T. Economic growth and capital accumulation. 1956. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 23.
- The Economist. *Brazil's fall*. 2016. Disponível em: <<http://www.economist.com/news/leaders/21684779-disaster-looms-latin-americas-biggest-economy-brazils-fall>>. Citado na página 13.
- TOBIN, J. On the efficiency of the financial-system. *Lloyds Bank Annual Review*, PINTER PUBL LTD 25 FLORAL STREET, LONDON, ENGLAND WC2E 9DS, n. 153, p. 1–15, 1984. Citado na página 30.
- VANDENBUSSCHE, J.; AGHION, P.; MEGHIR, C. Growth, distance to frontier and composition of human capital. *Journal of economic growth*, Springer, v. 11, n. 2, p. 97–127, 2006. Citado na página 24.
- WEIL, D. *Economic Growth*. Pearson Addison Wesley, 2009. (Addison-Wesley series in economics). ISBN 9780321564368. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=67XKLAACAAJ>>. Citado 7 vezes nas páginas 17, 19, 20, 21, 22, 23 e 28.
- WEIL, D. N. Accounting for the effect of health on economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, v. 122, n. 3, p. 1265–1306, 2007. Citado na página 28.
- WINDMEIJER, F. A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step gmm estimators. *Journal of econometrics*, Elsevier, v. 126, n. 1, p. 25–51, 2005. Citado 4 vezes nas páginas 47, 73, 79 e 87.
- World Economic Forum. *The Global Competitiveness Report 2007–2008*. [S.l.], 2007. Citado na página 54.
- World Economic Forum. *The Global Competitiveness Report 2014–2015*. [S.l.], 2014. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf>. Citado 9 vezes nas páginas 14, 23, 27, 28, 29, 31, 54, 92 e 101.
- World Economic Forum. *The Global Competitiveness Report 2015–2016*. [S.l.], 2015. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/gcr/2015-2016/Global_Competitiveness_Report_2015-2016.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 54, 55, 101 e 102.
- XIA, R. et al. Is global competitive index a good standard to measure economic growth? a suggestion for improvement. *International Journal of Services and Standards*, Inderscience Publishers Ltd, v. 8, n. 1, p. 45–57, 2012. Citado na página 15.

Apêndices

APÊNDICE A – Metodologia de cálculo do índice GCI

Esse apêndice apresenta uma breve descrição da estrutura do índice GCI, com o peso dos diversos componentes desse índice, desde os indicadores individuais até o índice final. Para uma descrição detalhada do índice, incluindo uma revisão de literatura sobre cada pilar de competitividade, ver [World Economic Forum \(2014\)](#).

Vale ressaltar que, apesar de o índice ter sido construído com o intuito de levar em consideração os principais determinantes da competitividade dos países, uma atualização do mesmo foi proposta no último relatório, tendo em vista novos elementos trazidos à tona nos últimos anos, tanto pelos acontecimentos econômicos quanto pela evolução da literatura sobre produtividade e competitividade, além de novos indicadores disponíveis. Nas palavras dos autores do relatório de 2015-2016:

The GCI represented the latest thinking on national competitiveness at the time of its introduction. However, in the last 10 years, economic thinking has evolved and recent events have brought to light new elements that affect competitiveness, once again calling for a review. For example, the recent global financial crisis highlighted new channels through which a country's competitiveness can be affected by global financial fragilities; furthermore, the speed and modes of technological change have redefined how economists think about the innovation process. Recently the role of information technologies in how production is structured has changed and new consumption models, such as the "sharing economy," are emerging. In addition, new indicators have become available that can provide better measurements of established concepts. (SALA-I-MARTÍN et al., 2015, p. 43)

No entanto, como essa atualização foi apenas proposta, somente o índice atual é considerado nesse estudo¹.

O índice atual combina 114 indicadores, de diversas fontes², que medem diferentes aspectos que estão relacionados à competitividade dos países. Esses indicadores são agrupados em 12 pilares de competitividade: instituições, infraestrutura, ambiente macroeconômico, saúde e ensino básico, ensino superior e treinamento, eficiência do mercado de produtos, eficiência do mercado de trabalho, desenvolvimento do mercado financeiro, capacidade de absorção tecnológica, tamanho do mercado, sofisticação do ambiente de negócios, e inovação. Esses pilares são organizados em 3 subíndices, que refletem os principais estágios de desenvolvimento de uma economia: requisitos básicos, potencializadores

¹ Para uma discussão sobre a atualização proposta para o índice, incluindo as principais diferenças com relação ao atual índice, ver (SALA-I-MARTÍN et al., 2015).

² Os indicadores que não proveem da pesquisa EOS são identificados na [Figura 19](#) com um asterisco (*). Para a descrição de cada indicador e sua fonte, ver [World Economic Forum \(2015\)](#).

de eficiência, e fatores de inovação. Os estágios são então agregados no índice GCI final, conforme será explicado mais adiante.

Para que seja possível a agregação dos indicadores, eles são convertidos em uma escala de 1 a 7, de forma a torná-los compatíveis com os resultados da pesquisa *Executive Opinion Survey* (EOS), fonte de grande parte dos indicadores utilizados. Além disso, a transformação leva em conta o máximo e mínimo obtidos pelos países cobertos pelo GCI, em cada ano, o que preserva a ordem e a distância relativa dos resultados obtidos pelos países em cada indicador original. Isso é feito por meio da seguinte fórmula:

$$indicador = 6 \times \left(\frac{score - \text{mínimo}}{\text{máximo} - \text{mínimo}} \right) + 1, \quad (\text{A.1})$$

onde o *score* representa o valor obtido pelo país no indicador original em questão, enquanto *mínimo* e *máximo* são os valores mínimo e máximo, respectivamente, do indicador original na amostra de países cobertos pelo GCI em cada ano. Para os indicadores em que um valor maior significa um resultado pior, a transformação é feita com um sinal negativo na frente, de forma que quanto maior a pontuação, maior o nível de competitividade do país naquele quesito.

Como colocado, o cálculo do índice é feito agregando-se os indicadores individuais sucessivamente até os pilares de competitividade, depois nos três subíndices, que por sua vez são agregados no índice final. Os indicadores são agregados pela média aritmética, com exceção daqueles que possuem o símbolo “1/2”, que significa que o indicador entra em dois pilares, sendo seu valor dividido entre ambos, para evitar dupla contagem. A estrutura geral do índice é apresentada na [Figura 19](#)³

No sexto pilar, de eficiência do mercado de produtos, os pesos dos componentes “*domestic competition*” e “*foreign competition*” do subíndice “*Competition*”, exibidos como “*variable*” e com duplo asterisco, são dados pelo peso relativo do mercado doméstico e do mercado externo, segundo as fórmulas

$$\text{domestic competition} = \frac{C + I + G + X}{C + I + G + X + M} \quad (\text{A.2})$$

e

$$\text{foreign competition} = \frac{M}{C + I + G + X + M}, \quad (\text{A.3})$$

onde *C* representa consumo, *I* investimento, *G* gastos do governo, *X* as exportações e *M* importações.

Os pesos dos 3 subíndices, no cálculo do índice final, buscam refletir o nível de desenvolvimento de cada país. Assim, os “requisitos básicos” agrupam os pilares mais importantes para a competitividade de países que estão em estágios iniciais de desenvolvimento, os “potencializadores de eficiência” incluem os pilares essenciais para

³ A [Figura 19](#) foi tirada de [World Economic Forum \(2015\)](#).

aquelas economias um pouco mais desenvolvidas, cujos aumentos de competitividade dependem mais de melhorias na eficiência dos mercados e de mão de obra mais qualificada, enquanto os “fatores de inovação” importam mais para países que já possuem um alto nível de desenvolvimento, agrupando assim os pilares de inovação e sofisticação do ambiente de negócios.

Dois critérios são usados para alocar os países nos estágios de desenvolvimento. O primeiro é o PIB per capita em paridade de poder de compra. Os patamares usados para distinguir os estágios são exibidos na [Tabela 19](#). Um segundo critério é usado para países que, baseados no PIB per capita, estariam em níveis superiores ao estágio 1, mas nos quais essa prosperidade vem, primordialmente, da extração de recursos naturais, sendo usado como *proxy* o percentual das exportações de produtos minerais nas exportações totais acima de 70%. Países exportadores de recursos minerais (percentual acima de 70%) e que possuem níveis de renda significativamente acima da média dos países que compõem a fronteira tecnológica⁴ são classificados como pertencentes ao terceiro estágio. Para os países que estão entre dois estágios, os pesos refletem essa transição, mudando conforme o país se desenvolve para um novo estágio.

A classificação de cada país, segundo o estágio de desenvolvimento, juntamente com os pesos de cada subíndice, em cada ano, podem ser encontrados nos relatórios anuais GCR.

Tabela 19 – Faixa de renda e pesos dos 3 subíndices usados no cálculo final do GCI, segundo os estágios de desenvolvimento.

	Estágios de desenvolvimento				
	Estágio 1	Transição	Estágio 2	Transição	Estágio 3
PIB per capita em US\$	<2.000	2.000-2.999	3.000-8.999	9.000-17.000	>17.000
Pesos					
Requisitos básicos	60%	40-60%	40%	20-40%	20%
Potencializadores de eficiência	35%	35-50%	50%	50%	50%
Fatores de inovação	5%	5-10%	10%	10-30%	30%

⁴ Os países que compõem a fronteira tecnológica são os 10 países com maior número de patentes per capita.

Figura 19 – Estrutura do índice GCI.

(a) Parte 1

Category	Weight (%) within immediate parent category
BASIC REQUIREMENTS	20–60%
1st pillar: Institutions	25%
A. Public institutions	75%
1. Property rights	20%
1.01 Property rights	
1.02 Intellectual property protection½	
2. Ethics and corruption	20%
1.03 Diversion of public funds	
1.04 Public trust in politicians	
1.05 Irregular payments and bribes	
3. Undue influence	20%
1.06 Judicial independence	
1.07 Favoritism in decisions of government officials	
4. Public-sector performance	20%
1.08 Wastefulness of government spending	
1.09 Burden of government regulation	
1.10 Efficiency of legal framework in settling disputes	
1.11 Efficiency of legal framework in challenging regulations	
1.12 Transparency of government policymaking	
5. Security	20%
1.13 Business costs of terrorism	
1.14 Business costs of crime and violence	
1.15 Organized crime	
1.16 Reliability of police services	
B. Private institutions	25%
1. Corporate ethics	50%
1.17 Ethical behavior of firms	
2. Accountability	50%
1.18 Strength of auditing and reporting standards	
1.19 Efficacy of corporate boards	
1.20 Protection of minority shareholders' interests	
1.21 Strength of investor protection*	
2nd pillar: Infrastructure	25%
A. Transport infrastructure	50%
2.01 Quality of overall infrastructure	
2.02 Quality of roads	
2.03 Quality of railroad infrastructure	
2.04 Quality of port infrastructure	
2.05 Quality of air transport infrastructure	
2.06 Available airline seat kilometers*	
B. Electricity and telephony infrastructure	50%
2.07 Quality of electricity supply	
2.08 Mobile telephone subscriptions* ½	
2.09 Fixed telephone lines* ½	
3rd pillar: Macroeconomic environment	25%
3.01 Government budget balance*	
3.02 Gross national savings*	
3.03 Inflation*	
3.04 Government debt*	
3.05 Country credit rating*	
4th pillar: Health and primary education	25%
A. Health	50%
4.01 Business impact of malaria	
4.02 Malaria incidence*	
4.03 Business impact of tuberculosis	
4.04 Tuberculosis incidence*	
4.05 Business impact of HIV/AIDS	

(b) Parte 2

Category	Weight (%) within immediate parent category
4.06 HIV prevalence*	
4.07 Infant mortality*	
4.08 Life expectancy*	
B. Primary education	50%
4.09 Quality of primary education	
4.10 Primary education enrollment rate*	
EFFICIENCY ENHANCERS	35–50%
5th pillar: Higher education and training	17%
A. Quantity of education	33%
5.01 Secondary education enrollment rate*	
5.02 Tertiary education enrollment rate*	
B. Quality of education	33%
5.03 Quality of the educational system	
5.04 Quality of math and science education	
5.05 Quality of management schools	
5.06 Internet access in schools	
C. On-the-job training	33%
5.07 Local availability of specialized research and training services	
5.08 Extent of staff training	
6th pillar: Goods market efficiency	17%
A. Competition	67%
1. Domestic competition	variable**
6.01 Intensity of local competition	
6.02 Extent of market dominance	
6.03 Effectiveness of anti-monopoly policy	
6.04 Effect of taxation on incentives to invest	
6.05 Total tax rate*	
6.06 Number of procedures required to start a business*	
6.07 Time required to start a business*	
6.08 Agricultural policy costs	
2. Foreign competition	variable**
6.09 Prevalence of trade barriers	
6.10 Trade tariffs*	
6.11 Prevalence of foreign ownership	
6.12 Business impact of rules on FDI	
6.13 Burden of customs procedures	
6.14 Imports as a percentage of GDP*	
B. Quality of demand conditions	33%
6.15 Degree of customer orientation	
6.16 Buyer sophistication	
7th pillar: Labor market efficiency	17%
A. Flexibility	50%
7.01 Cooperation in labor-employer relations	
7.02 Flexibility of wage determination	
7.03 Hiring and firing practices	
7.04 Redundancy costs*	
7.05 Effect of taxation on incentives to work	
B. Efficient use of talent	50%
7.06 Pay and productivity	
7.07 Reliance on professional management½	
7.08 Country capacity to retain talent	
7.09 Country capacity to attract talent	
7.10 Female participation in labor force*	

(c) Parte 3

Category	Weight (%) within immediate parent category
8th pillar: Financial market development	17%
A. Efficiency	50%
8.01 Availability of financial services	
8.02 Affordability of financial services	
8.03 Financing through local equity market	
8.04 Ease of access to loans	
8.05 Venture capital availability	
B. Trustworthiness and confidence	50%
8.06 Soundness of banks	
8.07 Regulation of securities exchanges	
8.08 Legal rights index*	
9th pillar: Technological readiness	17%
A. Technological adoption	50%
9.01 Availability of latest technologies	
9.02 Firm-level technology absorption	
9.03 FDI and technology transfer	
B. ICT use	50%
9.04 Internet users*	
9.05 Broadband Internet subscriptions*	
9.06 Internet bandwidth*	
9.07 Mobile broadband subscriptions*	
2.08 Mobile telephone subscriptions* ½	
2.09 Fixed telephone lines* ½	
10th pillar: Market size	17%
A. Domestic market size	75%
10.01 Domestic market size index*	
B. Foreign market size	25%
10.02 Foreign market size index*	
INNOVATION AND SOPHISTICATION FACTORS	5–30%
11th pillar: Business sophistication	50%
11.01 Local supplier quantity	
11.02 Local supplier quality	
11.03 State of cluster development	
11.04 Nature of competitive advantage	
11.05 Value chain breadth	
11.06 Control of international distribution	
11.07 Production process sophistication	
11.08 Extent of marketing	
11.09 Willingness to delegate authority	
7.07 Reliance on professional management½	
12th pillar: R&D Innovation	50%
12.01 Capacity for innovation	
12.02 Quality of scientific research institutions	
12.03 Company spending on R&D	
12.04 University-industry collaboration in R&D	
12.05 Government procurement of advanced technology products	
12.06 Availability of scientists and engineers	
12.07 PCT patent applications*	
1.02 Intellectual property protection½	

Anexos

ANEXO A – Lista dos países usados na análise empírica.

Lista dos países usados na análise empírica, agrupados de acordo com região e nível de desenvolvimento.

Economias Avançadas	
1	Alemanha
2	Austrália
3	Áustria
4	Bélgica
5	Canadá
6	Chipre
7	Cingapura
8	Coreia do Sul
9	Dinamarca
10	Eslováquia
11	Eslovênia
12	Espanha
13	Estados Unidos
14	Estônia
15	Finlândia
16	França
17	Grécia
18	Holanda
19	Hong Kong
20	Irlanda
21	Islândia
22	Israel
23	Itália
24	Japão
25	Letônia
26	Lituânia
27	Luxemburgo
28	Malta
29	Noruega

- 30 Nova Zelândia
- 31 Portugal
- 32 Reino Unido
- 33 República Tcheca
- 34 Suécia
- 35 Suíça
- 36 Taiwan

Europa Emergente

- 37 Albânia
- 38 Bulgária
- 39 Croácia
- 40 Hungria
- 41 Polônia
- 42 Romênia
- 43 Turquia

Comunidade de Estados Independentes

- 44 Armênia
- 45 Cazaquistão
- 46 Quirguistão
- 47 Rússia
- 48 Tadjiquistão
- 49 Ucrânia

América Latina e Caribe

- 50 Argentina
- 51 Barbados
- 52 Bolívia
- 53 Brasil
- 54 Chile
- 55 Colômbia
- 56 Costa Rica
- 57 El Salvador
- 58 Equador
- 59 Guatemala
- 60 Honduras
- 61 Jamaica

62	México
63	Panamá
64	Paraguai
65	Peru
66	República Dominicana
67	Trinidad e Tobago
68	Uruguai
69	Venezuela

Oriente Médio, Norte da África e Paquistão

70	Barém
71	Catar
72	Egito
73	Jordânia
74	Kuaite
75	Marrocos
76	Mauritânia
77	Paquistão
78	Tunísia

Ásia Emergente

79	Bangladesh
80	Camboja
81	China
82	Filipinas
83	Índia
84	Indonésia
85	Malásia
86	Mongólia
87	Nepal
88	Sri Lanka
89	Tailândia
90	Vietnã

África Subsaariana

91	África do Sul
92	Benim
93	Botsuana

94	Burundi
95	Camarões
96	Gâmbia
97	Lesoto
98	Máli
99	Maurício
100	Moçambique
101	Namíbia
102	Quênia
103	Tanzânia
104	Uganda
105	Zâmbia
106	Zimbábue

¹

¹ Fonte: Elaboração própria com base na classificação do FMI em abril de 2015 [International Monetary Fund \(2015b\)](#).

ANEXO B – Correlação entre as variáveis dos modelos empíricos.

Figura 20 – Correlação entre as variáveis dos modelos empíricos, para a amostra de 106 países utilizada, no período de 2006 a 2011.

	ptf	lptf	A01_in	A02_in	A03_m	A04_h	B05_hi	B06_g	B07_la	B08_fi	B09_te	B10_m	C11_so	C12_in	A_basi	B_effic	C_inno	gci
ptf	1.00	0.92	0.69	0.74	0.54	0.67	0.73	0.68	0.43	0.64	0.76	0.36	0.71	0.64	0.80	0.73	0.68	0.76
lptf	0.92	1.00	0.65	0.73	0.53	0.72	0.76	0.66	0.37	0.62	0.76	0.43	0.70	0.62	0.79	0.74	0.67	0.76
A01_inst	0.69	0.65	1.00	0.85	0.46	0.58	0.77	0.88	0.66	0.80	0.83	0.24	0.81	0.81	0.88	0.82	0.83	0.86
A02_infra	0.74	0.73	0.85	1.00	0.47	0.71	0.87	0.85	0.59	0.73	0.91	0.47	0.87	0.84	0.93	0.90	0.87	0.92
A03_macro	0.54	0.53	0.46	0.47	1.00	0.44	0.47	0.54	0.40	0.49	0.47	0.32	0.46	0.42	0.68	0.54	0.45	0.61
A04_he_ed	0.67	0.72	0.58	0.71	0.44	1.00	0.85	0.65	0.40	0.54	0.74	0.46	0.69	0.62	0.82	0.76	0.66	0.78
B05_hi_ed	0.73	0.76	0.77	0.87	0.47	0.85	1.00	0.80	0.59	0.69	0.91	0.51	0.85	0.84	0.90	0.92	0.86	0.91
B06_goods	0.68	0.66	0.88	0.85	0.54	0.65	0.80	1.00	0.69	0.85	0.85	0.42	0.89	0.83	0.89	0.91	0.88	0.91
B07_labor	0.43	0.37	0.66	0.59	0.40	0.40	0.59	0.69	1.00	0.59	0.63	0.18	0.58	0.65	0.62	0.69	0.63	0.68
B08_finan	0.64	0.62	0.80	0.73	0.49	0.54	0.69	0.85	0.59	1.00	0.74	0.32	0.77	0.69	0.78	0.82	0.74	0.79
B09_tech	0.76	0.76	0.83	0.91	0.47	0.74	0.91	0.85	0.63	0.74	1.00	0.43	0.87	0.85	0.90	0.92	0.88	0.91
B10_m_size	0.36	0.43	0.24	0.47	0.32	0.46	0.51	0.42	0.18	0.32	0.43	1.00	0.60	0.56	0.45	0.65	0.59	0.60
C11_soph	0.71	0.70	0.81	0.87	0.46	0.69	0.85	0.89	0.58	0.77	0.87	0.60	1.00	0.92	0.87	0.93	0.98	0.94
C12_innov	0.64	0.62	0.81	0.84	0.42	0.62	0.84	0.83	0.65	0.69	0.85	0.56	0.92	1.00	0.82	0.90	0.98	0.91
A_basic	0.80	0.79	0.88	0.93	0.68	0.82	0.90	0.89	0.62	0.78	0.90	0.45	0.87	0.82	1.00	0.91	0.86	0.96
B_efficiency	0.73	0.74	0.82	0.90	0.54	0.76	0.92	0.91	0.69	0.82	0.92	0.65	0.93	0.90	0.91	1.00	0.93	0.97
C_innovation	0.68	0.67	0.83	0.87	0.45	0.66	0.86	0.88	0.63	0.74	0.88	0.59	0.98	0.98	0.86	0.93	1.00	0.94
gci	0.76	0.76	0.86	0.92	0.61	0.78	0.91	0.91	0.68	0.79	0.91	0.60	0.94	0.91	0.96	0.97	0.94	1.00