

Guilherme Sganserla Torres

**Complexidade econômica: uma proposta  
metodológica para identificação de  
produtos estratégicos**

Belo Horizonte, MG  
UFMG/Cedeplar  
2019

Guilherme Sganserla Torres

**Complexidade econômica: uma proposta  
metodológica para identificação de produtos  
estratégicos**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de mestre em economia.

Orientador: Gustavo de Britto Rocha

Belo Horizonte, MG  
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional  
Faculdade de Ciências Econômicas - UFMG

Ficha catalográfica

T693c     Torres, Guilherme Sganserla.  
2019        Complexidade econômica [manuscrito] : uma proposta  
              metodológica para identificação de produtos estratégicos /  
              Guilherme Sganserla Torres. – 2019.  
              139 f.: il.

              Orientador: Gustavo de Britto Rocha.  
              Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas  
              Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.  
              Inclui bibliografia (f. 129-139).

              1. Desenvolvimento econômico – Teses. 2. Indicadores  
              econômicos – Teses. 3. Mudança social – Teses. I. Britto,  
              Gustavo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de  
              Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título.

CDD: 338.9

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-6/2211  
Biblioteca da FACE/UFMG – LVR/026/2020

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**GUILHERME SGANSERLA TORRES**

TÍTULO DO TRABALHO:

**“COMPLEXIDADE ECONÔMICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA  
PARA IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS ESTRATÉGICOS”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Economia, área de concentração em Economia.



Aprova EM 18 DE DEZEMBRO DE 2019.

### BANCA EXAMINADORA

Prof. Gustavo de Britto Rocha  
(Orientador) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. João Prates Romero  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof.<sup>a</sup> Ana Maria Hermeto Camilo de Oliveira  
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)



Prof. Gilberto de Assis Libânio  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Gustavo, pela excelente orientação.

Ao meu amigo Elton, pela ajuda e inspiração.

Aos meus pais Marcelo e Cristina, pelo apoio de uma vida toda.

Ao meu irmão Marcos, pelo companheirismo.

E à minha noiva Jéssica, por todo o amor, carinho e apoio.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	1
1 MUDANÇA ESTRUTURAL E COMPLEXIDADE ECONÔMICA.....	8
1.1 Mudança Estrutural .....	8
1.2 Complexidade Econômica.....	13
1.3 Aplicação da Complexidade Econômica na identificação de Setores .....	19
2 ESTRUTURA PRODUTIVA BRASILEIRA.....	29
2.1 A estrutura produtiva do Brasil .....	29
2.2 O Brasil e a necessidade de uma mudança estrutural .....	45
3 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS ESTRATÉGICOS.....	47
3.1 O Método de Match Multidimensional .....	47
3.1.1 Procedimentos realizados .....	49
3.1.2 Probabilidade predita para exportações .....	50
3.1.3 Etapas do método .....	51
3.2 Dados e variáveis .....	55
3.2.1 PRODY.....	58
3.2.2 Índice de Complexidade Econômica .....	58
3.2.3 Distância.....	60
3.2.4 Abertura Comercial .....	61
3.2.5 Composição Setorial .....	61
3.3 Metodologia .....	62
3.3.1 Análise de Componentes Principais.....	62
3.3.2 Probit.....	64
3.3.3 <i>Propensity Score Matching</i> .....	66
3.3.3.1 Algoritmos de Matching .....	69

4 IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS ESTRATÉGICOS PARA AUMENTAR A COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO BRASILEIRA.....	71
4.1 ACP .....	73
4.1.1 Capital humano .....	73
4.1.2 Instituições e governo.....	82
4.1.3 Infraestrutura e tecnologia.....	89
4.1.4 Resultados das ACPs.....	97
4.2 Probabilidades preditas (Probit) .....	98
4.2.1 Produtos encontrados Probit .....	102
4.3 Propensity Score Matching.....	109
4.4 Proposta de política.....	118
4.5 Simulação de Impacto na complexidade do país .....	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	129

## RESUMO

O presente trabalho busca complementar a literatura de complexidade econômica propondo um método de identificação de produtos estratégicos. Esse método busca promover duas melhorias aos até então apresentados pela literatura: i) considerar uma maior quantidade de características das economias; e ii) ser mais rigoroso na escolha das variáveis, diminuindo influência da subjetividade do pesquisador nos resultados. Para tanto, utiliza-se por três vezes Análise de Componentes Principais para gerar indicadores agregados que contenham informações dos países do mundo em relação a capital humano, instituições, governos, infraestrutura e tecnologia. Em seguida, é calculada a probabilidade predita de exportação para cada produto/país estudado utilizando uma Probit. Em uma primeira identificação de produtos, utiliza-se os casos Brasil/produtos sem VCR para propor uma lista de produtos. Em um segundo momento, utiliza-se o *Propensity Score Matching* para identificar países que possuem a mesma probabilidade predita de exportar certo produto e exporta com VCR enquanto o Brasil não o faz. Faz-se então uma sugestão dos produtos mais interessantes, que foram divididos em dois *hubs*. O resultado sugere que o desenvolvimento dos 19 produtos identificados geraria um aumento significativo de complexidade econômica do Brasil.

---

**Palavras-chave:** mudança estrutural; complexidade econômica; produtos estratégicos; desenvolvimento econômico.



## ABSTRACT

This work contributes to the literature on economic complexity literature by proposing a method to identify strategic goods whose production would foster faster economic development. The method, the Multidimensional Matching, introduces two innovations. First, given the central role played by capabilities in the literature, it takes into consideration a large number of socio-economic characteristics prior to considering each good's characteristics. Secondly, it reduces subjectivity in the choice of variables by consistently applying statistical methods. To do so, three statistical models are used sequentially. Principal Component Analysis is used to generate aggregated worldwide indicators on human capital, institutions, government, infrastructure and technology. Next, the predicted probability of export is estimated using a Probit regression to identify a list of strategic goods in the target country without revealed comparative advantages (RCA). Finally, Propensity Score Matching is used to identify countries that have a near predicted probability of exporting a given good with RCA while Brazil doesn't. A list of suggested strategic goods is rendered, divided into two hubs. The results suggest that the development of the 19 identified products would make Brazil's complexity rise significantly.

---

**Keywords:** structural change; economic complexity, strategic products, economic development.

## INTRODUÇÃO

A literatura estruturalista das décadas de 1960 e 1970 defende que o desenvolvimento econômico é um processo que envolve mudanças na composição setorial dos países, sendo a produção de bens mais simples e menor valor agregado gradativamente substituída pela de bens mais complexos e de maior valor. O desenvolvimento seria feito pela mobilização de recursos e aptidões ocultos, dispersos ou mal-empregados para a mudança da estrutura produtiva (HIRSCHMAN, 1958).

Para essa linha de estruturalistas (dos quais se destacam também Lewis, 1955; Prebisch, 1962; Kuznets, 1966; Kaldor, 1966; Furtado, 1964) atividades produtivas têm diferentes capacidades de gerar desenvolvimento. As atividades que são marcadas por: retornos crescentes de escala; grande incidência de inovações tecnológicas; e sinergias (competição imperfeita) seriam fortes indutoras do crescimento. Elas estariam associadas a importantes curvas de aprendizagem, rápido progresso técnico, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, economias de escala e escopo, concentração industrial e grandes barreiras à entrada (GALA, 2017).

Por outro lado, atividades nas quais predomina um cenário mais próximo ao da competição perfeita estariam relacionadas aos países menos desenvolvidos. Elas apresentam baixo conteúdo de pesquisa e desenvolvimento, pouca inovação tecnológica, informação perfeita, ausência de curvas de aprendizado e pouca possibilidade de divisão do trabalho (GALA, 2017).

Mais recentemente, outros fatores ligados à mudança estrutural dos países vêm sendo discutidos, como educação e instituições (ver Saviotti, 2016; Davanzati, 2018). Entre eles se destaca a importância da acumulação de capacidade produtiva, tanto no nível da firma como de um país. Como o acesso à tecnologia não é igual entre unidades diferentes e não é de fácil transferência, o estudo dessa acumulação está intimamente ligado ao processo de desenvolvimento (LALL, 1992).

Este tipo de abordagem desafia o desenvolvimento da literatura macroeconômica a partir da década de 1980, que foi marcado por uma grande quantidade de trabalhos que discorriam sobre os fundamentos que levariam ao crescimento econômico. Grande parte desses trabalhos previa que o acesso à tecnologia de ponta aliada a boas instituições levaria automaticamente à convergência entre a renda dos países pobres e ricos (HAUSMANN E RODRIK, 2003).

Os problemas dos países subdesenvolvidos estariam relacionados: ao restrito grau de abertura de suas economias, o que restringiria o acesso ao capital estrangeiro impedindo o avanço da tecnologia nesses países; e a falhas institucionais, ligadas ao não respeito da propriedade intelectual e a corrupção sistêmica que beneficiaria os formuladores de políticas públicas em detrimento do restante do país. O remédio para essas disfunções geralmente apontados seriam a abertura econômica e reformas institucionais (HAUSMANN E RODRIK, 2003).

A década de 90 na América Latina foi marcada por extensivas reformas estruturais alinhadas ao consenso macroeconômico vigente à época. Com exceção do Chile, porém, os países que adotaram essas medidas tiveram desempenho econômico pior que os períodos anteriores. Além disso, países que adotaram políticas heterodoxas, como Coréia do Sul e Taiwan, tiveram crescimento econômico acelerado (HAUSMANN E RODRIK, 2003).

A discussão do sucesso dos países asiáticos passa pelo papel do Estado como promotor do desenvolvimento. Em geral, foram utilizadas políticas de desvalorização cambial competitiva, que, aliadas às políticas industriais, fiscais e monetárias, compunham uma estratégia geral de *export-led growth*. Assim, buscava-se atenuar os efeitos negativos da liberalização comercial e estimular a competitividade das indústrias nacionais (GALA, 2017).

Nesse sentido, o crescimento dos países asiáticos se alinha com a literatura que defende a importância da diversificação produtiva no processo de aumento de exportação e crescimento econômico sustentado. Kaldor (1970) ressalta o ganho que se acumula ao se desenvolver o setor industrial: aumentando-se o conhecimento técnico e o *know-how*; promovendo o compartilhamento de ideias e experiências; e a crescente capacidade de diferenciação da produção.

Esse tipo de abordagem ainda ressalta a importância das exportações como fontes de divisas para que seja possível sustentar as importações advindas do crescimento econômico. Assim, além de fonte de demanda agregada, as exportações possibilitariam o crescimento de componentes da demanda, principalmente dos investimentos, possibilitando o crescimento sustentado (DIXON E THIRLWALL, 1975; THIRLWALL, 1979).

A dinâmica do crescimento das exportações, nessa linha, dependeria, além de ganhos de competitividade, da mudança estrutural rumo a produtos mais sofisticados. Assim, o crescimento das exportações seria inversamente proporcional às elasticidades-renda setoriais das importações (exportações) ponderadas pela participação de cada setor no total correspondente (ARAÚJO E LIMA, 2007; GOUVÊA E LIMA, 2010; ROMERO *et al.*, 2011).

Assim, as elasticidades-renda das importações e exportações são mais elevadas para as manufaturas de média e alta tecnologia. Tal achado indica a importância de uma mudança estrutural partindo da produção de bens simples para a produção de bens com elevado conteúdo tecnológico para o crescimento das exportações (ROMERO E MCCOMBIE, 2016, 2018; ROMERO e BRITTO, 2018).

É no contexto apontado acima, com a falha da macroeconomia convencional em explicar o desempenho econômico de países como os latino-americanos e o relativo sucesso de políticas mais heterodoxas, que Hausmann e Rodrik (2003) apresentam uma perspectiva do desenvolvimento econômico que remonta a corrente estruturalista clássica. A ênfase desses autores é na identificação dos produtos nos quais o país produz bem. Isto porque a produção de uma grande quantidade desses produtos gera a aquisição de capacidade técnica, e esta traria externalidades positivas superiores às captadas pelo empreendedor, pois trariam mudanças estruturais na economia, desenvolvendo-a. Seria, portanto, necessário que o Estado às incentivasse criando mecanismos para a internalização do excedente social (HAUSMANN E RODRIK, 2003).

Nesse diapasão, a literatura da complexidade econômica evoluiu no sentido de se medir o conhecimento técnico de forma indireta, utilizando dados de comércio internacional. Busca-se entender a estrutura produtiva dos países para propor

políticas que possibilitem a transição de uma produção pouco sofisticada para uma mais complexa (GALA, 2017).

Assim, partimos das seguintes premissas: i) que é possível medir indiretamente o conhecimento técnico embutido em produtos e na economia em geral por meio dos produtos que este exporta com Vantagem Comparativa Revelada (VCR); ii) que o nível de conhecimento técnico de uma economia, em conjunto com sua estrutura produtiva, influem em sua capacidade produzir com Vantagem Comparativa Revelada certo produto; iii) que o nível de conhecimento técnico de uma economia está ligado ao seu desempenho econômico; e iv) que é possível o Estado promover o desenvolvimento de certo setor ou a produção de determinado produto. Partindo-se desses pressupostos, chega-se, então, ao desafio de planejar a transição para uma economia mais sofisticada.

Este trabalho se propõe a desenvolver uma metodologia para identificação de produtos estratégicos que não só ajudem no desenvolvimento de novos conhecimentos como os partilhem com outros, para aumentar a sofisticação da economia e abrir caminhos para novos avanços. O intento, no entanto, não é fácil, pois quanto mais longe o produto estiver da estrutura produtiva atual, maior a quantidade de tecnologia não presente na economia que deve ser absorvida. Por outro lado, produtos que estão próximos da estrutura produtiva serão interessantes apenas se atenderem a critérios estabelecidos pelo formulador da política.

De maneira geral, o trabalho aqui desenvolvido visa fornecer ao tomador de decisão um aparato que traz possibilidades de atacar o problema de como aumentar o nível tecnológico de certa economia pelo fomento à produção de determinado bem. Para tanto, propõe um método de identificação de produtos que são, teoricamente, mais fáceis de serem exportados com vantagem comparativa revelada (VCR) por determinado país de acordo com sua estrutura produtiva.

O caso escolhido é o brasileiro, sendo realizada análise focada nos produtos para os quais o Brasil teria mais estrutura adequada para a exportação com vantagem

comparativa revelada. Faz-se um recorte com os pré-requisitos mínimos para que a exportação com VCR do produto influa positivamente na estrutura do país.

Para atingir tal intento, esse trabalho se divide em quatro partes. Após essa breve introdução, temos um primeiro capítulo, no qual faz-se uma revisão da bibliografia de complexidade econômica. Deu-se ênfase aos trabalhos mais recentes que contribuem para a discussão da mudança estrutural de um país pelo aumento da complexidade de suas exportações. No segundo capítulo, aponta-se algumas características da estrutura produtiva do Brasil no recorte de 1995 até 2015. Assim, buscou-se tanto mostrar o quadro recente de variáveis que serão usadas posteriormente no método descrito como justificar uma política deliberada de aquisições de novas *capabilities* pelo país como forma de mudança do quadro atual.

No terceiro capítulo, apresenta-se formalmente as metodologias utilizadas nesse trabalho e o que se espera encontrar com elas. São apresentados os métodos de Análise Componentes Principais, Probit e Propensity Score Matching (PSM) e discutidas aplicações destes na literatura em geral. Para os dois últimos é discutida a aplicação proposta. Isso porque o uso desses métodos nesse trabalho é diferente das aplicações mais frequentes. São, ainda, apresentados indicadores e indicados os dados utilizados nesse trabalho.

No capítulo final, busca-se sumarizar as principais variáveis que influenciam a pauta de exportação dos países e apresentar os resultados do trabalho. De início, utiliza-se uma análise multivariada de dados de componentes principais, com indicadores diversos. Ademais, será discutida a relação dos fatores encontrados com indicadores como o PIB e a complexidade econômica.

Ainda, será operacionalizado o método de identificação da facilidade de exportação proposto, baseado em produtos utilizando o Propensity Score Matching. Apresentando o resultado, verificamos algumas características dos produtos encontrados, discutindo os achados da pesquisa. Por fim, o trabalho termina com as considerações finais.

Cabe ressaltar que vários métodos de identificação de caminhos para a transição produtiva vêm sendo propostos nos últimos anos (Alshamsi et al, 2017; Zuccolo e

Klissurski, 2017; e Hausmann e Chauvin, 2015). A principal diferença da abordagem a ser aqui desenvolvida é a introdução de técnicas como as de Análise Multivariada e do método microeconômico do Propensity Score Matching (PSM) no estudo da complexidade econômica, que complementarão as análises que vêm sendo feitas no campo.

Nesse sentido, diversos trabalhos de identificação de setores estratégicos se baseiam apenas em variáveis da literatura de complexidade econômica que são calculadas com dados de comércio exterior, como Índice de Complexidade do Produto (ICP), a distância e o ganho de oportunidade (Hausman and Chauvin, 2015; Feliciano *et al.*, 2017; Hausmann *et al.*, 2017; Zuccolo e Klissurski, 2017; Romero e Freitas, 2018; Razo e Vrolijk, 2015; e Cimini *et al.*, 2018).

A aquisição e reorganização de *capabilities* em uma economia, no entanto, envolve uma mudança estrutural que depende de um conjunto de variáveis maior que apenas o que é mensurável por dados de comércio exterior. Para internalizar tais características ao nosso método, utilizaremos uma Análise de Componentes Principais para criar indicadores agregados que representem fatores como capital humano, instituições, governos, infraestrutura e tecnologia.

Outra limitação dos métodos existentes é quanto ao seu rigor metodológico. Diversos trabalhos utilizam médias ou médias ponderadas para criar os critérios de seleção de setores (Hausmann *et al.*, 2017; Hausmann *et al.*, 2019; Romero e Freitas, 2018). Por mais que estes sejam métodos de simples entendimento e aplicação, eles dependem muito das escolhas do pesquisador, tornando-os subjetivos em demasia.

Para tornar nosso método mais rigoroso e menos subjetivo, ao invés de criar médias, utilizaremos métodos econométricos para nos dizer como as variáveis escolhidas influenciam a probabilidade de exportação de um produto. Assim, utilizaremos a Probit para determinar o que chamaremos de *score*, ou probabilidade predita de um país exportar certo produto, e, em momento posterior, utilizar o PSM para encontrar semelhanças na estrutura de países.

Em resumo, tenta-se diminuir o grau de subjetividade presente nos trabalhos mais recentes que discutem mudança estrutural pelo aumento da complexidade de

suas exportações. Pretende-se aumentar o rigor na escolha das variáveis utilizadas no processo de seleção de produtos, tornando o resultado da análise menos sensível às escolhas do pesquisador. Ademais, busca-se complementar a literatura atual, voltada majoritariamente para a análise de dados do comércio internacional. Para tanto, será necessário ampliar o rol de variáveis ou informações utilizadas na discussão sobre a conectividade entre produtos.



# 1 MUDANÇA ESTRUTURAL E COMPLEXIDADE ECONÔMICA

O presente capítulo se propõe a uma revisão da bibliografia de complexidade econômica, destacando trabalhos mais recentes que contribuem para a discussão da mudança estrutural de um país pelo aumento da complexidade de suas exportações. Assim, busca-se apresentar o que vem sendo discutido na área recentemente.

Para tanto, em uma primeira seção apresentaremos a literatura estruturalista ligada a mudança estrutural. Nesse momento, mostra-se a origem das discussões mais recentes para as quais se pretende contribuir. Em uma segunda seção, serão apresentados os fundamentos da linha relacionada à complexidade econômica. Por fim, em uma terceira seção, serão apontados os trabalhos recentes que discutem métodos de identificação de produtos ou setores estratégicos.

## 1.1 Mudança Estrutural

O processo de desenvolvimento econômico está intimamente ligado com a mudança da estrutura produtiva da unidade de estudo. Esta mudança se dá pela alteração significativa na composição setorial do emprego em uma economia. Assim, envolve um processo de transição da atividade econômica para setores mais dinâmicos, sendo a produção de bens mais simples e menor valor agregado gradativamente substituída pela de bens mais sofisticados e de maior valor agregado.

No longo prazo, as economias que se desenvolvem começam esse processo com um aumento de produtividade na agricultura. Esse aumento produz excedente de mão de obra no setor primário e aumenta sua demanda por bens e capital. Dois processos são, então, presenciados: liberação de mão de obra do campo; e sua realocação em setores mais produtivos da economia. Nessa fase, chamada de

industrialização, há um crescimento dos setores ligados a indústria e a serviços (PALMA, 2005).

Em um segundo momento, o processo de contração da mão de obra na agricultura continua. Há a migração desse pessoal para o setor de serviços, enquanto o nível de emprego na indústria se mantém estável. Por fim, a indústria começa a perder tamanho para o setor de serviços, chegando-se à fase de desindustrialização (PALMA, 2005).

Entendemos o processo de mudança estrutural, então, como um rearranjo da composição setorial de produção de setores menos sofisticados para setores mais sofisticados. Isto gera um processo de aumento da produtividade do trabalhador e, conseqüentemente, do nível da produção total.

Na mesma linha, mas com uma terminologia um pouco diferente, alguns estruturalistas abordam tal processo enfatizando a divisão da economia em setores “modernos” e setores “tradicionais”, baseando sua análise no conceito de economia dual de Arthur Lewis (1954). Assim, há também um processo de transferência dos meios de produção, no caso dos setores mais “tradicionais” para os setores mais “modernos”, gerando a mudança no patamar de renda da economia.

Esse processo de realocação da mão de obra pode ser explicado pela mudança dos custos relativos entre setores ao longo do tempo. Para tanto, Baumol (1967) descreve uma economia que possui dois setores: um tecnologicamente progressivo no qual inovação, acumulação de capital e economias de escala aumentam a produtividade constantemente; e outro menos dinâmico, que tem aumentos de produtividade apenas esporadicamente. Assim, o aumento de produtividade no setor dinâmico leva a um aumento de salários na economia que não é compensado no setor menos dinâmico por um aumento na produtividade. Há, então, um aumento no custo relativo do último, levando a transferência de mão de obra para o primeiro. Esse movimento aumenta a produtividade da economia como um todo, pois existe uma maior parcela de pessoas trabalhando em setores mais produtivos.

Abordagem semelhante é feita por Fourastié (1964). Segundo o autor, a dinâmica de distribuição de trabalhadores entre setores é um importante fator para a determinação de preços. O aumento da produtividade nos setores que têm inovação diminui o custo real do trabalho, e assim permitiria redução de preço dos produtos. O resultado é um mecanismo de diferenciação de preço, que determinaria a alocação dos fatores de produção entre setores.

Tal tipo de abordagem, no entanto, não é consensual. Apesar de ser uma literatura mais desenvolvida por autores mais ligados a correntes desenvolvimentistas, há autores mais alinhados com uma visão neoclássica que tentam explicar a mudança estrutural utilizando modelos baseados no arcabouço teórico ligado ao crescimento econômico. Assim, utilizam como hipóteses taxas exógenas de avanço tecnológico e preferências não homotéticas. As preferências seriam o fator que levaria a mudanças na composição setorial (KRUGER, 2008).

A produtividade, no entanto, não precisa ser tomada como a única variável que influi no processo de mudança estrutural. Apesar de ser tomada em geral como fator chave, ela pode explicar apenas parte da mudança, enquanto outros fatores também influem no processo. Tal tipo de hipótese pode dar um caráter mais dinâmico ao processo.

Esse tipo de análise, por exemplo, é feita por Pasinetti (1981). O autor elenca dois grupos que contêm causas de mudanças estruturais. O primeiro englobaria as “naturais” (e por isso independentes do ambiente econômico) como o crescimento da população, o aprendizado produtivo e novos padrões de consumo. O segundo retoma a abordagem mais clássica, focando no aumento da renda per capita agregada devido ao aumento de produtividade. O autor ainda sugere que o aumento da renda altera o consumo e, conseqüentemente, o tamanho de cada setor.

Complementando a análise de Pasinetti, Araújo (2013) apresenta um modelo multisetorial que incorpora a causação circular cumulativa à discussão da mudança estrutural. Para tanto, ele utiliza uma análise setorial baseada nas leis de Verdoorn, tornando o progresso tecnológico endógeno. Assim, ele realça o

papel da demanda tanto para a mudança estrutural como para determinar o ritmo do progresso tecnológico.

Visando corroborar os achados dos trabalhos mais teóricos apresentados, alguns autores medem a produtividade ao longo do tempo para provar que ela está diretamente ligada a mudanças estruturais. Assim, quando a produtividade relativa de um setor cresce espera-se que a participação deste na economia também cresça.

Baily (1996), por exemplo, usa decomposição ponderada pela participação de cada setor para medir a produtividade média ou o crescimento médio da produtividade. Assim, isola-se os efeitos do crescimento de produtividade dentro de um setor e entre setores, além de obter um termo de covariância que é positivo se os setores que aumentaram sua produtividade também aumentaram sua participação na economia. Esse último termo reflete o impacto da mudança estrutural no crescimento agregado. Pode-se, portanto, confirmar que a mudança na produtividade se reflete na composição setorial.

Um aumento da produtividade, seja pela mudança estrutural, seja por qualquer outro motivo, eleva o nível do produto de um país gerando crescimento econômico. Pode-se, isolando o aumento decorrente da migração da mão de obra do crescimento de produtividade dentro de um setor, quantificar o quanto o crescimento derivado do aumento da produtividade veio da mudança estrutural.

Para medir tal efeito, McMillan e Rodrik (2011) decompõem o aumento de produtividade dentro e entre setores. Os casos estudados são de países da Ásia, África e América Latina durante a década de 1990. Nesse sentido, verificaram que, na maioria dos países asiáticos, a mudança estrutural contribui para o crescimento econômico, ou seja, a mão de obra migrou de setores pouco produtivos para setores mais dinâmicos.

Interessante notar que o experimento, nas economias que sofreram mais durante o início da década de 90, gerou um resultado diverso. Na África e na América Latina a mão de obra migrou de setores mais produtivos para setores menos produtivos no período estudado. Isto mostra que nesses países a mudança

setorial foi no sentido contrário ao esperado, por isso não contribuiu para o crescimento.

Na mesma toada, é possível decompor o crescimento da produtividade de diversas formas para isolar efeitos diversos. Britto et al. (2017) fazem uma decomposição de *shift-share* que discrimina o crescimento da produtividade também em função das fontes de demanda interna e externa. Assim, conseguem avaliar o efeito do crescimento da produtividade discriminando entre mercado externo e interno sobre a mudança estrutural. Os autores chegam à conclusão de que tanto o mercado externo quanto o interno são importantes para o processo.

É também possível entender o comportamento de outras variáveis macroeconômicas partindo-se do estudo da composição setorial de uma economia. Gozgor (2017) mostra o impacto da estrutura de emprego no balanço de pagamentos dos países, mais especificamente o papel do setor de serviços. Para isso, ele usa Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) com a balança comercial para bens e serviços como variável dependente sendo explicada pelo emprego em serviços. Como controle, são utilizadas a taxa de juros, a renda per capita e os gastos do governo.

Até aqui discutimos a dinâmica e o processo da mudança estrutural, focando na diferença da produtividade entre setores. Mas existem características intrínsecas das economias que influenciam esse fenômeno.

Arranjos institucionais também têm grande importância na capacidade dos países de realizar mudanças estruturais (MIOZZO, 2012). A diferença entre o ritmo de crescimento do Leste Asiático e a América Latina pode ser explicada por fatores como: estratégia e estrutura das principais empresas; natureza do incentivo estatal; desenvolvimento e promoção de médias e pequenas empresas; e relação com empresas estrangeiras (MIOZZO, 2012).

Outros fatores também influem tanto no crescimento quanto no ritmo da mudança estrutural. Ding e Knight (2009), em um trabalho sobre as diversas regiões da China, conseguem identificar a influência de variáveis como: nível de renda inicial; formação de capital fixo; formação de capital humano; crescimento da população;

grau de abertura comercial; mudanças institucionais; mudanças setoriais; desenvolvimento financeiro; infraestrutura; e vantagens regionais.

Missio et al. (2018) apontam, ainda, o papel da taxa de câmbio no processo de mudança estrutural. Nesse sentido, uma taxa de câmbio competitiva serviria para impulsionar a modernização por: i) permitir uma maior acumulação de capital; ii) permitir ganhos de produtividade; iii) permitir um relaxamento da restrição externa; e iv) diminuir a vulnerabilidade externa. Assim, apesar de não ser a força motriz de uma realocação da economia, seria um fator que influi nesse processo.

A literatura ainda aponta como importantes para a mudança estrutural fatores como educação e investimento em pesquisa e desenvolvimento. Nesse sentido, trabalhos como ECLAC (2015) estudam sua importância para esse processo. Chega-se à conclusão de que a migração para uma economia mais diversificada e com setores mais dinâmicos requer oferta suficiente de trabalhadores qualificados que possam executar tarefas cada vez mais complexas e específicas.

## **1.2 Complexidade Econômica**

O conhecimento técnico é fator indispensável para a mudança estrutural. Os economistas, no entanto, sempre tiveram dificuldade em mensurá-lo. A grosso modo, o nível de complexidade trabalhado pela literatura mede a quantidade de conhecimento técnico requerido para se fazer um produto ou o agregado de uma economia. O conceito, no entanto, surgiu como a evolução de trabalhos anteriores que visavam a mensuração da sofisticação produtiva.

Assim, foram criados os conceitos de Prody e o Expy em trabalho feito por Hausmann, Hwang e Rodrik (2006). O Prody é um índice de sofisticação de produtos calculado como uma média ponderada do PIB dos países os exportam, cujos pesos refletem a vantagem comparativa revelada de cada país para o produto. O Expy, por sua vez, mede a produtividade associada a cesta de exportação de um país, sendo calculado como um média ponderada dos Prody's. Os pesos refletem a participação de cada país na pauta de exportação. Temos, então, como calcular a sofisticação tanto de um bem como o de uma economia.

Esses índices ainda possuem diversas variações, feitas por outros economistas. Angelini et al (2017), por exemplo, desenvolvem uma variação do Prody, que eles chamam de logPrody, que é basicamente o logaritmo do índice anterior. Eles o utilizam em um modelo quantitativo envolvendo competição nos mercados, que, combinando o logPrody com índices de complexidade, entrega uma medida de potencial de crescimento.

Apesar de serem úteis no entendimento da capacidade produtiva dos países, medidas como a Expy e o Prody não são suficientes para se entender porque países diferentes acumulam capacidades de maneira diferentes. Com eles não é possível entender como funciona a dinâmica da mudança estrutural e a especialização das economias em determinados produtos.

Para entender melhor essa dinâmica ao longo do tempo, Hausmann e Kingler (2007) estudam a mudança das vantagens comparativas reveladas dos países ao longo do tempo. Percebe-se que esta segue um padrão. É comum que os produtos que começam a ser exportados com vantagem comparativa revelada sejam bens de alguma forma relacionados aos já presentes na pauta de exportação. Esse tipo de transformação é mais facilmente visualizável utilizando-se uma representação gráfica que os autores chamaram de Product Space. Este é um conjunto de círculos que representam um produto cada, ligados pelo seu grau de semelhança ou proximidade. Quanto mais próximos os produtos, maior é seu grau de similaridade.

Para medir a relação entre produtos os autores utilizam um índice de proximidade ou distância (oposto) entre produtos. Nesse sentido, a similaridade de requisitos para dois produtos é dada pela probabilidade de países exportarem ambos com vantagem comparativa revelada. Assim, quanto mais países exportarem ambos os produtos com vantagem comparativa revelada, mais próximos eles serão.

Outro conceito importante abordado pelos autores e importante na literatura de complexidade econômica é a densidade. Ela é medida pela quantidade de produtos e sua proximidade em determinada área. De modo geral, países com renda baixa tendem a se especializar em produtos que ficam em áreas menos

densas, enquanto países de renda alta se especializaram em produtos que ficam em zonas mais densas.

Como complemento aos conceitos relacionados ao Product Space, Hausmann e Hidalgo (2009) introduzem o conceito central dessa linha de pesquisa, a complexidade econômica. Ela é uma medida de conhecimento técnico, mensurada pela diversidade de *capabilities* presentes em um país e suas interações. O conceito de *capabilities*, como usado pelos autores, é simplificado como a menor unidade de conhecimento técnico. Esta é uma simplificação, pois o conceito engloba, também, aspectos institucionais e econômicos que possibilitam a produção de determinado bem.

O conceito de *capabilities* é consolidado na literatura econômica, sendo utilizado em trabalhos que discutem evolução tecnológica, como em Dosi (1988) e Lall (1992). Hausmann e Hidalgo (2009) contribuem na discussão de como mensurá-las. O método para medir essas *capabilities* pressupõe que é possível interpretar os dados do comércio como medida de comparação entre países por meio de uma rede bipartite oriunda de uma rede tripartite que conecta os países, suas *capabilities* e seus produtos exportados.

Para o cálculo da citada rede bipartite, Hausmann e Hidalgo (2009) utilizam o que eles chamam de Método Reflexivo nos dados de comércio internacional para calcular a disponibilidade de *capabilities* nos países. Os resultados desse método são utilizados como indicadores de complexidade econômica (ICE), e a partir dessa complexidade calculada os autores mostram que ela é correlacionada com a renda dos países.

Na prática, o que se faz é uma rede bipartite ligando os países aos produtos que eles exportam significativamente. Estes produtos foram definidos como os que os países exportam com Vantagem Comparativa Revelada (VCR)  $\geq 1$ . A rede em questão é representada por uma matriz adjacente que assume os valores de 1 e 0, quando o país exporta o produto com VCR e quando não o faz, respectivamente.

Tomando cada país e cada produto como um nó da rede, Hausmann e Hidalgo (2009) utilizam o Método Reflexivo (cujo nome deve-se a simetria da rede



bipartite) para calcular cada nó. O método consiste no cálculo iterativo da média dos nós mais próximos. Assim, calcula-se a diversidade dos países pelo número de produtos exportados e a ubiquidade dos produtos pelo número de países que o exportam. Essas medidas de diversidade e ubiquidade são a base do conceito de *capabilities*. Por fim, para corroborar essa visão, os autores correlacionam os nós e chegam à conclusão de que países mais diversificados tendem a exportar produtos menos ubíquos.

Em um processo de mudança estrutural seria mais fácil para um país rearranjar as *capabilities* existentes para formar novas que adquirir as que não tem. A migração para produtos similares aos que já estão na pauta do país, por haver compartilhamento de conhecimento produtivo, seria menos custosa que a introdução de produtos muito distantes dos já produzidos pelo país. Assim, aproveita-se o conhecimento já presente na economia, fazendo apenas um arranjo das *capabilities* existentes.

Para medir a quantidade de conhecimentos compartilhados entre dois produtos utiliza-se o conceito de proximidade, que é o quão similar são as *capabilities* necessárias para fazer determinado produto. Para o cálculo da proximidade, utiliza-se a probabilidade de dois produtos serem co-exportados por diversos países. Nesse sentido, pode-se ainda calcular a conectividade dos produtos, que é uma média da proximidade com os demais. Assim, produtos que são muito próximos a muitos outros são muito conectados e apresentam maior potencial de compartilhamento de conhecimento técnico (HAUSMANN, HIDALGO ET AL, 2011).

A diversidade e ubiquidade como medida de sistemas complexos é largamente utilizada na biologia. Tachella (2016) mostram que as chamadas “radiações evolucionárias” (*evolutionary radiations*) são altamente dependentes da diversidade biológica, que aumenta a resiliência do sistema. Por outro lado, a ubiquidade se assemelha ao conceito de “aninhamento” (*nestedness*), que preconiza que apenas alguns indivíduos têm características que possibilitam que façam uso de certos recursos exclusivos.

A aplicação desse arcabouço pode ser vista em trabalhos como o de Hidalgo (2009), quando se estuda a mudança da estrutura produtiva de um grupo de países durante 42 anos pela ótica do espaço de produtos. O que o autor tenta é capturar a busca pela acumulação de *capabilities* pelos países durante seu desenvolvimento. Hidalgo (2009) mostra que é possível verificar uma forte rigidez na estrutura produtiva da maioria dos países. Ele mostra, ainda, que alguns países conseguiram acumular rapidamente *capabilities* e fogem do padrão. O autor cita como casos de mudanças estruturais aceleradas Brasil, Indonésia, Turquia, Malásia, Tailândia, Coréia, Singapura e China.

Além disso, outras contribuições baseadas no Product Space foram feitas, como as *hidden capabilities network* (rede de conhecimento técnico escondida). Cheng, Dongfeng e Xianqian (2013) desenvolvem essa rede partindo do Product Space. Tal desenvolvimento é eficaz na identificação das mudanças tecnológicas ocorridas ao longo do tempo em uma unidade de análise, e, relacionando-se com a renda de cada país, mostra a relação entre o conhecimento técnico e o grau de desenvolvimento dos países.

O Método Reflexivo foi utilizado por outros autores para calcular a complexidade de produtos e países e entender melhor a conformação do Product Space. Felipe et al (2012) utilizam o método para calcular a complexidade de 5107 produtos e 124 países. Assim, eles conseguem fazer um ranking no qual os produtos mais complexos foram os de máquinas, químicos e metais. Quanto aos países, Japão, Alemanha e Suécia aparecem como os mais complexos. Como previsto, os autores encontraram que os produtos mais complexos eram exportados pelos países de maior renda.

O Índice de Complexidade Econômica ainda possui outras utilidades, além de medir a capacidade técnica dos países. Mealy et al. (2018) mostram que o índice de complexidade econômica também funciona como um algoritmo de formação de clusters para medir a diversidade e o total de *capabilities* dos países. Nesse sentido, o ICE é útil como ferramenta para agrupar países de acordo com seu nível tecnológico. Como no desenvolvimento dos países a tendência é alta especialização no começo, diversificação durante o estágio intermediário e, por fim, especialização em produtos sofisticados (Imbs e Wacziarg, 2013), a

complexidade econômica seria uma boa medida do grau de desenvolvimento das nações (MEALY ET AL., 2018).

Existe, ainda, mais de uma forma de cálculo do ICE. É possível utilizar cadeias de Markov como método de iteração em contraposição ao usado por Hausmann e Hidalgo (2011). Esse método é chamado de Índice de Competitividade (IC) e obtém resultados diferentes dos encontrados pelo ICE (ver Caldarelli et al., 2012; e Cristelli et al., 2013).

Uma diferença relevante nos cálculos dos indicadores é que o ICE é a média da complexidade dos produtos que ele exporta com VCR, e, portanto, não leva em conta a diversificação. Se a média de complexidade dos produtos exportados por dois países que exportam número diferente de produtos for igual, o ICE será igual. Utilizando-se o ICE, que faz o cálculo dos nós por cadeias de Markov, por outro lado, encontra-se índices diferentes para países que têm a mesma média de complexidade dos produtos que exportam, mas exportam número diferente de produtos. Esse agregado é chamado de ajustamento (*fitness*) e é mais alinhado à teoria pois mediria de forma mais eficiente a quantidade de *capabilities* que o país possui. Os países mais diversos, portanto, teriam vantagem competitiva.

Apesar das semelhanças conceituais e em consonância com o apontado acima, os resultados encontrados por Cristelli et al. (2013) são diferentes dos encontrados pelo Método Reflexivo. Como exemplo, para os dados do comércio internacional e utilizando este último método, a China aparece como o vigésimo nono país mais complexo. Pelo método primeiro, esse país, para os dados de 2010, aparece como o segundo mais competitivo. Este resultado é explicado pela diversidade da economia chinesa, pois apesar de não exportar produtos tão complexos ela exporta uma quantidade muito grande de produtos.

Outras formas de cálculo do ICE ainda existem. A definição de VCR como  $> 1$  pode ser considerada como muito rígida, sendo mais razoável uma definição contínua. Nessa linha, Albeik et al (2017) calcula o indicador como o total das exportações, corrigida pela dificuldade em exportá-lo e pelo tamanho da economia exportadora do país, o que eles chamam de ICE+.

### **1.3 Aplicação da Complexidade Econômica na identificação de Setores**

Diversos trabalhos vêm sendo feitos no sentido de aplicar o arcabouço teórico relacionado à complexidade econômica na proposição de políticas públicas. O intuito seria incentivar a criação ou estimular o desenvolvimento da produção de bens que aumentem o total de conhecimento técnico imbuído em uma economia. O resultado esperado é uma economia mais diversa e que produza uma maior gama de produtos sofisticados.

Nessa linha, Hausmann e Chauvin (2015) realizam um trabalho de identificação de um caminho pelo Product Space de Rwanda que parta dos produtos menos complexos já produzidos para um futuro com uma pauta de exportação baseada em produtos mais complexos. A ideia é a proposição de uma política pública que mude a estrutura produtiva do país, que, segundo os autores, não é suficiente para proporcionar uma qualidade de vida satisfatória à população.

Com esse intuito, Hausmann e Chauvin (2015) identificam o que eles chamam de “produtos de fronteira”, que se desenvolvidos aumentariam a complexidade da estrutura produtiva do país. Esses produtos atendem a três critérios, quais sejam: i) são mais complexos que os já exportados pelo país; ii) são possíveis de serem feitos com a tecnologia existente no país; e iii) abrem caminho para uma futura diversificação. Os índices usados no trabalho são o Índice de Complexidade do Produto, a distância (oposto de proximidade) e o ganho de oportunidade. Esse último é uma medida que captura o quanto um produto novo melhora a situação do Product Space do país, criando novas oportunidades para diversificação.

A identificação dos “produtos de fronteira” por Hausmann e Chauvin (2015) passa por quatro passos: 1) elimina-se os produtos não processados e produtos agrícolas intensivos em terra; 2) elimina-se todos os produtos com o Índice de Complexidade do Produto menor que a média dos exportados pelo país; 3) utiliza a distância para identificar produtos que necessitam de conhecimento técnico já existente no país; e 4) usa o ganho de oportunidade para eliminar produtos que não abrem espaço para a diversificação. Assim, Hausmann e Chauvin (2015) conseguem identificar produtos que, se incentivados, podem aumentar o nível de complexidade da economia e contribuir para seu crescimento futuro.

Nessa mesma toada, Feliciano et al (2017) utilizam os conceitos da literatura de complexidade econômica para discutir o potencial e as oportunidades para o estado da Paraíba. Os autores utilizam a plataforma de visualização de dados DataViva para fazer o diagnóstico da região e seus índices como ferramenta de identificação de oportunidades. A análise realizada no trabalho em questão é dividida em sete etapas, quais sejam: 1) primeiros critérios; 2) ganho de oportunidade; 3) distância e complexidade; 4) criação de rankings segundo critérios; 5) média dos rankings; 6) índice de oportunidade; e 7) análise de mercado.

Em um primeiro momento, cruzam graficamente três índices presentes na plataforma DataViva para uma primeira seleção de produtos. Eles utilizam a complexidade do produto, a distância em relação aos países que já produzem e o ganho de oportunidade. Foram escolhidos os produtos nos quais o estado não tem vantagem comparativa revelada, são complexos e têm distância internacional menor. A segunda etapa consistiu em excluir os produtos cujo ganho de oportunidade é menor que a média dos cinco produtos mais complexos exportados pela Paraíba. Em uma terceira etapa, os autores definiram um corte mínimo para a complexidade, ficando então com os 50 produtos com menor distância que atendem esse critério.

Nas próximas três etapas, Feliciano et al. (2017) montam rankings de acordo com os índices propostos e fazem uma média ponderada destes, cujo resultado final é um único ranking para todos os produtos que cumprem os requisitos mínimos. O passo final do trabalho foi analisar o mercado consumidor de cada produto para ver quais países o exportavam. Para tanto, os autores utilizaram os dados da plataforma de visualização de dados do Atlas da Complexidade Econômica. Após esse cruzamento, chegou-se a uma cesta de produtos que representam oportunidades de ganho de complexidade econômica e conhecimento técnico para o estado da Paraíba.

O arcabouço da complexidade econômica é útil, também, para estudos que envolvem comércio exterior e competitividade internacional. Assim, Britto, Freitas e Romero (2015) analisam a evolução do comércio brasileiro através da ótica da complexidade econômica. O trabalho contribui para a literatura desenvolvendo o

índice de desvantagens comparativas reveladas, utilizado para medir o nível de fragilidade da produção brasileira. Além disso, o artigo discute a relação entre competitividade das exportações e competitividade tecnológica para o Brasil por categoria de produto.

Em outra linha, a complexidade estudada de forma regionalizada pode dar *insights* interessantes sobre a capacidade de desenvolvimento de regiões de uma mesma localidade. Nesse sentido, para discutir as diferenças no padrão de crescimento regional no Brasil, Freitas e Paiva (2015) utilizam conceitos como o de diversidade e complexidade dos produtos para analisar a evolução da sofisticação dos produtos exportados pelo país ao longo do tempo. Os autores concluem que o diferente nível de sofisticação dos produtos exportados pelas diversas regiões contribui para o seu desenvolvimento desigual.

Por outro lado, Hidalgo et al (2016) utilizam o Índice de Complexidade Econômica e o Índice de Gini de Produtos, que relaciona produtos ao um nível de desigualdade de renda, para analisar o comportamento das *capabilities* entre regiões. Os autores fazem uma comparação da estrutura produtiva dos países da América Latina e do Caribe com a China e os países asiáticos mais dinâmicos. O trabalho corrobora a visão de que a pauta de exportação do país é importante para o desenvolvimento econômico medido pelo Produto Interno Bruto (PIB). Eles demonstram que os países asiáticos conseguiram aumentar o nível de complexidade de suas economias e superaram restrições estruturais e diminuíram a desigualdade de renda. Por outro lado, os países latino-americanos e os caribenhos não conseguiram mudar sua matriz de exportação baseada em recursos naturais e seus coeficientes de Gini continuam altos.

Outra aplicação interessante da literatura de complexidade economia a relaciona ao crescimento econômico, fugindo da lógica dos modelos mais tradicionais. Assim, Cristelli, Tacchella e Pietronero (2015) utilizam o já apresentado Índice de Competitividade para fazer previsões sobre o crescimento futuro dos países. Além dessa medida de complexidade, os autores utilizam medidas monetárias como o PIB per capita dos países. Eles desenvolvem o método chamado “o esquema de previsibilidade seletiva”, que tem como propósito prever a evolução de um sistema dadas as observações do passado e sem o conhecimento da equação da

dinâmica do fenômeno. Segundo Cristelli, Tacchella e Pietronero (2015) esse método é uma ponte que ligaria os ecossistemas de *capabilities* aos regimes de crescimento.

De outro modo, Pugliese et al. (2015) discutem como a complexidade econômica pode contribuir para entender como os países podem escapar da “armadilha da pobreza” (*poverty trap*). A teoria tradicional de crescimento econômico relaciona a transição ao desenvolvimento como a transposição de uma barreira, que pode ser de capital ou demanda, dependendo da abordagem. Em ambos os casos o país entra em um círculo virtuoso de aumento de PIB per capita por meio de uma taxa de crescimento decrescente que caminha para um novo equilíbrio, onde o país completou seu caminho para o desenvolvimento.

Utilizando um painel com vários países e suas respectivas taxas de crescimento e PIB per capita através dos anos os autores verificam que os dados não confirmam a teoria tradicional. Pugliese et al. (2015), então, dividem os países em grupos de acordo com seu ajustamento (Tacchella, 2012) e encontram que para os países mais complexos pode se verificar a fuga da pobreza por altas taxas de crescimento iniciais e um PIB per capita alto ao final do processo. Pugliese (2017) continuam a discussão mostrando que um país consegue se industrializar e escapar da armadilha da pobreza caso seja muito complexo, tenha recursos financeiros suficientes ou tenha uma combinação linear alta dos dois.

Trabalhos como o de Romero et al (2015) utilizam o arcabouço da complexidade para analisar a relação entre mudança estrutural e sofisticação econômica. Para tanto, é construído o Product Space do Brasil e da Coreia do Sul decenalmente (para os anos de 1965, 1975, 1985, 1995 e 2005) e comparada a evolução das VCR dos dois países ao longo do tempo. Assim, avalia-se a relação entre o crescimento dos dois países e a progressão do nível de intensidade tecnológica de suas exportações.

Também analisando a mudança da estrutura produtiva ao longo do tempo, Cimini et al. (2017) fazem uma análise da evolução da complexidade do estado de Minas Gerais comparativamente com o restante do país. Utilizando os dados da plataforma DataViva, eles descrevem o que chamam de “armadilha da

complexidade”. Esta se caracteriza pela especialização do estado em produtos de baixa complexidade e distantes dos demais produtos. Assim, Minas Gerais possui poucas *capabilities* acumuladas, o que dificulta a inclusão de novos produtos na pauta de produtos exportados com vantagem comparativa revelada.

Em uma abordagem ligada à distribuição de renda, Hidalgo et al. (2017) realizam o cruzamento entre o Índice de Complexidade Econômica e o Índice de Gini ponderado pelos produtos exportados pelos países para associar a estrutura produtiva dos países com seu nível de desigualdade de renda. A conclusão a que chegam os autores é de que, utilizando-se os dados dos últimos 50 anos, encontra-se forte correlação entre as variáveis. Observa-se que o aumento da complexidade é acompanhado por uma diminuição nos níveis de desigualdade de renda.

Alencar *et al.* (2018) utilizam a metodologia da complexidade econômica para estudar a relação entre o ICE e o desenvolvimento na Argentina, Brasil, Chile e México. Analisando a evolução de sua estrutura produtiva e o nível de sofisticação dos produtos que os países exportam com VCR, chegam à conclusão de que o ritmo da mudança estrutural das economias estudadas estagnou ou mesmo retrocedeu a partir dos anos 2000.

Trabalhos mais recentes vêm utilizando a literatura de complexidade econômica de forma complementar à outras abordagens para a proposição de políticas de fomento. Desse modo, Hausmann, Santos e Obach (2017) utilizam um arcabouço que inclui o conceito de complexidade econômica, mas não se restringe a ele, para fazer recomendações de crescimento sustentável e crescimento inclusivo para o Panamá. Os autores trabalham com um índice composto em três dimensões para identificar oportunidades de diversificação de produtos, que eles chamam de *diversification opportunity score*. As dimensões utilizadas são a força produtiva atual, as oportunidades de mercado e a análise da complexidade.

Na dimensão denominada “força atual” os autores utilizam como indicadores: as exportações atuais; o que eles chamam de intensidade de exportação, que é medida pela vantagem comparativa revelada; o crescimento recente das exportações; o número de empregados da indústria; e o salário médio. As



oportunidades de mercado são medidas por: valor de importação; intensidade de importação, baseada a VCR; crescimento da importação; crescimento mundial das exportações; crescimento mundial da intensidade de importação; crescimento mundial da importação; valor das importações mundiais; e crescimento das trocas mundiais.

A terceira dimensão é baseada na análise da complexidade econômica. Nela são utilizados: a complexidade da indústria; a densidade; e o índice de ganho de oportunidade. Por fim, os produtos são classificados de acordo com o resultado da ponderação das variáveis citadas e é feita uma análise para duas regiões do Panamá. O resultado a que se chega são produtos que representam oportunidades de diversificação para o país. Hausmann, Santos e Obach (2017) ainda lembram que o trabalho é apenas ilustrativo, cabendo ao setor público e o privado identificarem no caso concreto a viabilidade de se investir nos setores identificados.

Na mesma linha, Cristelli *at al* (2017) analisam os cenários de crescimento econômico para a África Subsaariana utilizando complexidade econômica. Para tanto, eles usam o ajustamento como variável não monetária e a comparam com o PIB per capita para o período de 1995 a 2012. É feita, ainda, uma comparação com os tigres asiáticos e com os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). Consegue-se, assim, comparar a trajetória dos países de acordo com o número de *capabilities* que a economia possui.

Contribuindo nas propostas de políticas públicas, Zuccolo e Klissurski (2017) buscam identificar setores estratégicos para a diversificação da produção no caso da Albânia. Os autores utilizam um índice que chamam de “valor estratégico”, que é uma média entre a distância do produto com a sua complexidade. Os valores encontrados foram ranqueados e apenas os 150 produtos mais bem colocados que o país não exporta significativamente foram considerados. Os produtos encontrados, então, foram agrupados em setores, sendo avaliados a posição média do setor no ranking e o número de produtos considerados no setor.

Por outro lado, existem trabalhos mais teóricos que tentam, matematicamente, determinar quais *capabilities* devem ser desenvolvidas com o intuito de se chegar

a determinado patamar. Assim, Alshamsi *et al* (2017) estudam a diversificação econômica e difusão de conhecimentos através de redes identificando caminhos ótimos a se percorrer entre produtos conectados. Essa discussão contribui para a identificação dos caminhos que um país poderia percorrer para fazer a transição entre a produção de produtos menos sofisticados para produtos mais complexos. Para tanto, desenvolve-se algoritmos para mensurar o caminho ótimo entre estágios, minimizando o tempo total necessário para se alcançar certo cenário desejado através do desenvolvimento das *capabilities* necessárias.

A literatura de complexidade vem sendo utilizada, ainda, na avaliação do impacto de políticas públicas de fomento. Zaccaria *et al* (2016) utilizam os indicadores de complexidade e ajustamento desenvolvidos em Tacchella *et al* (2012) para analisar os setores com maior volume de exportação da Holanda ao longo do tempo, período no qual estes foram fomentados pelo governo. Os autores analisam evolução da complexidade agregada do setor assim como o volume transacionado, comparando com a evolução dos setores em países tidos como competidores nos respectivos mercados.

Ainda, outros fatores como a dinâmica política dos países e sua influência na estrutura produtiva do país vêm sendo estudados com base no arcabouço da complexidade econômica. Assim, Liao e Vidmer (2018) utilizam o ajustamento para medir o efeito de separações e unificações de países. Os autores estudam os casos da Alemanha, da Checoslováquia e Iugoslávia. Os autores encontram que o ajustamento da Alemanha unificada foi maior que a da oriental e ocidental separadas, mesmo a primeira apresentando um índice baixo. No caso da Checoslováquia, entretanto, a República Checa aumentou seu ajustamento após a separação da Eslováquia. Por último, no caso da Iugoslávia sua dissolução afetou negativamente a complexidade da economia dos países resultantes.

Mais recentemente, Hausmann *et al*. (2019) adicionaram dados relativos ao setor de serviços em uma proposta de política desenvolvimentista para a Jordânia. Nesse método, são consideradas apenas *commodities*, que são selecionadas com base em uma análise de sua complexidade econômica. Os produtos encontrados são agrupados por setores, quando uma análise de fatores

endógenos (gargalos e vantagens) e exógenos (demanda e forças) à economia do país terminam por determinar quais são os mais atrativos.

Ainda, Romero e Freitas (2018) fazem a escolha de setores calculando um índice ponderando diversas informações relacionadas a cada produto, a saber: a estrutura produtiva do país; o mercado potencial do produto; e as possibilidades de ganho com a exportação com VCR no produto. A cada uma dessas dimensões é dada um peso macro, que reflete os pesos dados aos indicadores a seguir apresentados.

Dentro de estrutura produtiva eles consideram: i) o valor exportado do produto; ii) o valor da sua VCR; e iii) o índice de densidade do produto. Quanto ao mercado potencial, são considerados: a) o valor importado pelo país; b) o valor total importado no mundo; e c) o valor da DCR. Por fim, para o ganho são considerados: 1) o ganho de complexidade (se o ICP é superior à média nacional); e 2) o índice de ganho de oportunidade, que mede as possibilidades futuras de diversificação abertas pela aquisição de competitividade nesse dado produto.

Fortunato, Razo e Vrolijk (2015) simulam a consequência no ICE de uma gama de países caso produtos previamente selecionados tivessem sido incentivados e exportados com VCR no passado e compara com o atual (eles utilizam 2008 e 2012 como base). Para tanto, eles utilizam como critério a distância do produto a estrutura produtiva do país e seleciona apenas os que possuem ICP maior que o do país. O resultado, como esperado, é que a exportação com VCR desses produtos teria produzido uma trajetória com maior aumento de complexidade que o presenciado no período.

No mesmo sentido, Cimini *et al.* (2018) fazem análise regionalizada do Brasil para definir uma estratégia de desenvolvimento para o estado de Minas Gerais. Utilizando dados regionais disponíveis na plataforma DataViva, ela identifica produtos pela sua distância da estrutura atual do Product Space e seleciona os que possuem ICP maior que do estado.

Como podemos notar, muitos trabalhos atuais abordam a identificação de setores estratégicos para promover desenvolvimento econômico baseados na literatura

de complexidade econômica. Não há, ainda, um consenso em qual seria o melhor método a ser aplicado, sendo esta uma discussão ainda em curso.

As propostas feitas até hoje são importantes para o amadurecimento do tema, mas possuem limitações. Primeiramente, várias delas apoiam-se apenas nos indicadores extraídos dos dados de comércio exterior. Alguns trabalhos utilizam apenas a distância e a complexidade ou sofisticação do produto para se chegar a um conjunto de setores estratégicos (Razo e Vrolijk, 2015; Cimini *et al.*, 2018; Zuccolo e Klissurski, 2017). Outros utilizam estas variáveis em conjunto com outras como o ganho de oportunidade (Hausmann and Chauvin, 2015; Feliciano *et al.*, 2017). Existem ainda trabalhos que tentam incorporar um conjunto maior de variáveis, mas focando apenas no que podem extrair dos dados de comércio exterior (Romero e Freitas, 2018).

Apesar de estes serem dados de extrema importância, o sistema econômico é extremamente complexo e existem outras características estruturais dos países que influenciam na aquisição e reordenação de *capabilities* em uma economia. Por exemplo, para que um novo setor emergja na economia é necessário que o país consiga desenvolver ou ter acesso à tecnologia necessária, que existam instituições capazes de fornecer treinamento aos novos colaboradores e um ambiente que permita a logística necessária. Desconsiderar essas variáveis pode dificultar ou inviabilizar execução de uma política pública.

Outra fragilidade existente nos trabalhos que vêm sendo feitos até hoje é quanto à criação dos índices que embasam a seleção dos setores. São frequentemente utilizadas médias simples ou ponderadas com base em indicadores de comércio exterior (Hausmann and Chauvin, 2015; Zuccolo e Klissurski, 2017; Romero e Freitas, 2018) ou a atribuição de valores de acordo com rankings por variável (Feliciano *et al.*, 2017).

Quanto ao primeiro caso, o das médias, a aplicação de tal tipo de ferramenta torna o trabalho demasiado dependente das escolhas do pesquisador. A opção por colocar um peso qualquer ou simplesmente o mesmo peso a todas as variáveis é uma escolha individual do pesquisador e dificulta a criação de um padrão. Qualquer variação nesses pesos poderia criar um resultado muito

diferente, o que o deixa vulnerável também a um viés de confirmação, quando o pesquisador já teria um resultado esperado e daria pesos de forma a corroborar sua visão inicial.

Quanto à atribuição de valores para os produtos ranqueados, eles distorcem os resultados obtidos. Pequenas e grandes variações têm o mesmo peso, o que pode gerar grandes distorções no resultado final e, de forma inconsciente, pode se atribuir maior peso para a variável que tem menor variação.

Temos, em resumo, duas limitações importantes nos métodos propostos para a identificação de setores estratégicos. Uma quanto às variáveis selecionadas, que têm um escopo muito restrito, desconsiderando características importantes das economias dos países. A outra é referente à seleção dos produtos. O método da criação de rankings pela combinação de variáveis é demasiado dependente do pesquisador que realiza o trabalho, tornando o trabalho subjetivo.

## 2 ESTRUTURA PRODUTIVA BRASILEIRA

O presente capítulo objetiva apontar algumas características da estrutura produtiva do Brasil no recorte de 1995 até 2015. Com isso, espera-se justificar uma política deliberada de aquisições de novas *capabilities* pelo país como forma de mudança do quadro atual.

Para tanto, em um primeiro momento, será apresentada a estrutura produtiva do país. Em um segundo momento discutiremos os achados do capítulo, faremos então uma breve análise cenário atual e da importância deste para nossa pesquisa.

### 2.1 A estrutura produtiva do Brasil

O Brasil é o caso escolhido para a análise que se seguirá. Interessante notar que o país passou por um processo de industrialização tardia durante os anos de 1930 até o final dos anos de 1970. Durante os anos de 1980 e 1990, enfrentou fortes entraves econômicos e diversos ajustes estruturais para, nos anos 2000, viver novo período de crescimento econômico. Neste período, porém, o setor de serviços foi o seu grande propulsor.

O processo de industrialização nunca se consolidou, e o país não conseguiu se desenvolver como os asiáticos, que adotaram políticas mais heterodoxas. Nesse sentido, apesar de ter um PIB per capita na década de 1960 maior que a Coreia do Sul, o Brasil continua subdesenvolvido enquanto a Coreia possui um nível de renda elevado.

Explica tal situação a trajetória da estrutura produtiva dos países ao longo do tempo. Enquanto a Coreia passou por um processo de aquisição de VCR em produtos de baixa tecnologia para depois se especializar em produtos de média e alta tecnologia, o Brasil teve um pico de diversificação e desenvolvimento de produtos com média e alta tecnologia até 1995 para depois voltar a ter uma pauta de exportação focada em produtos primários (BRITTO *et al.*, 2018).

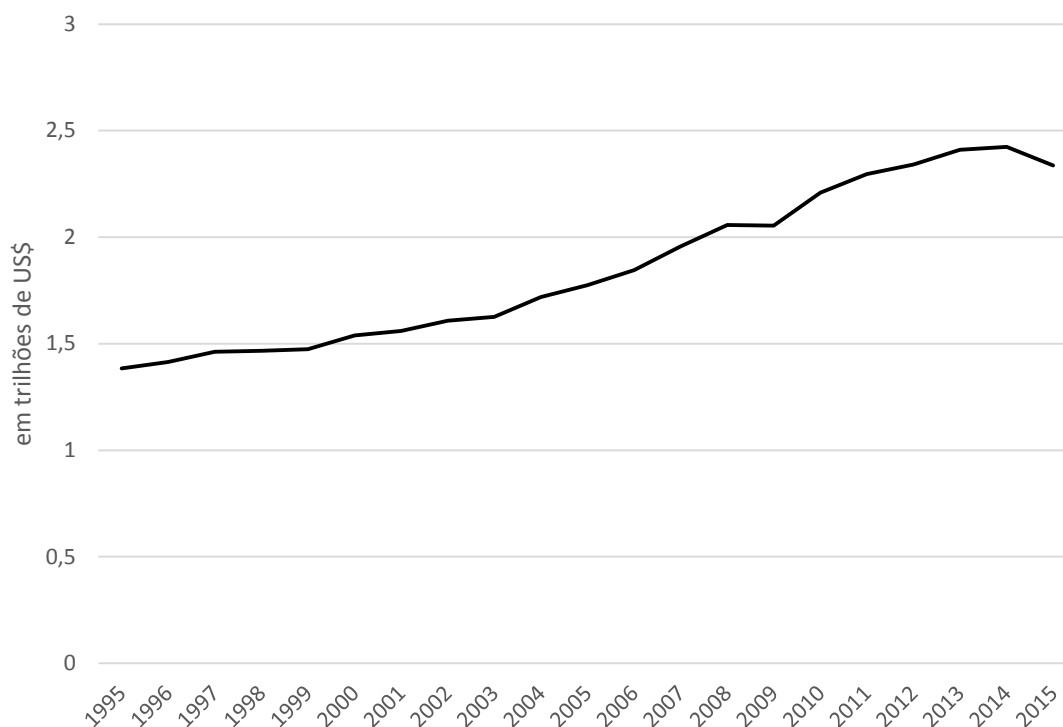
Além disso, mesmo países como o Canadá e Austrália, que são especializados na exportação de produtos primários e manufaturas baseadas em produtos primários conseguem um nível de renda consideravelmente maior que a do Brasil. Para isso, tais países conseguiram diversificar sua produção rumo a setores de alta tecnologia (REZENDE e ROMERO, 2017).

Assim, em um contexto no qual o Brasil vive novo período de dificuldades econômicas, faz-se importante buscar alternativas para políticas macroeconômicas que possibilitem que o país retome uma trajetória de crescimento e finalmente consiga se desenvolver. A escolha do Brasil como objeto de estudo, portanto, se justifica pela sua dificuldade crônica em promover o desenvolvimento de sua economia.

Nesse sentido, é necessário que haja uma mudança estrutural do país rumo à exportação com VCR de produtos mais complexos. Para pensarmos em tal processo, no entanto, é importante analisarmos onde estamos hoje. Assim, a seguir, apresentaremos a situação da estrutura produtiva do país no passado recente.

O recorte temporal do estudo de caso a seguir é de 1995 a 2015. Isto se justifica pela facilidade de obtenção dos dados e pelo objetivo do capítulo de fazer apenas uma breve evolução da estrutura produtiva recente. Para começar será apresentada a evolução do Produto Interno Bruto (PIB) e do PIB per capita no recorte proposto.

**GRÁFICO 1 – Evolução do Produto Interno Bruto brasileiro (a preços constantes de 2010), 1995-2015**

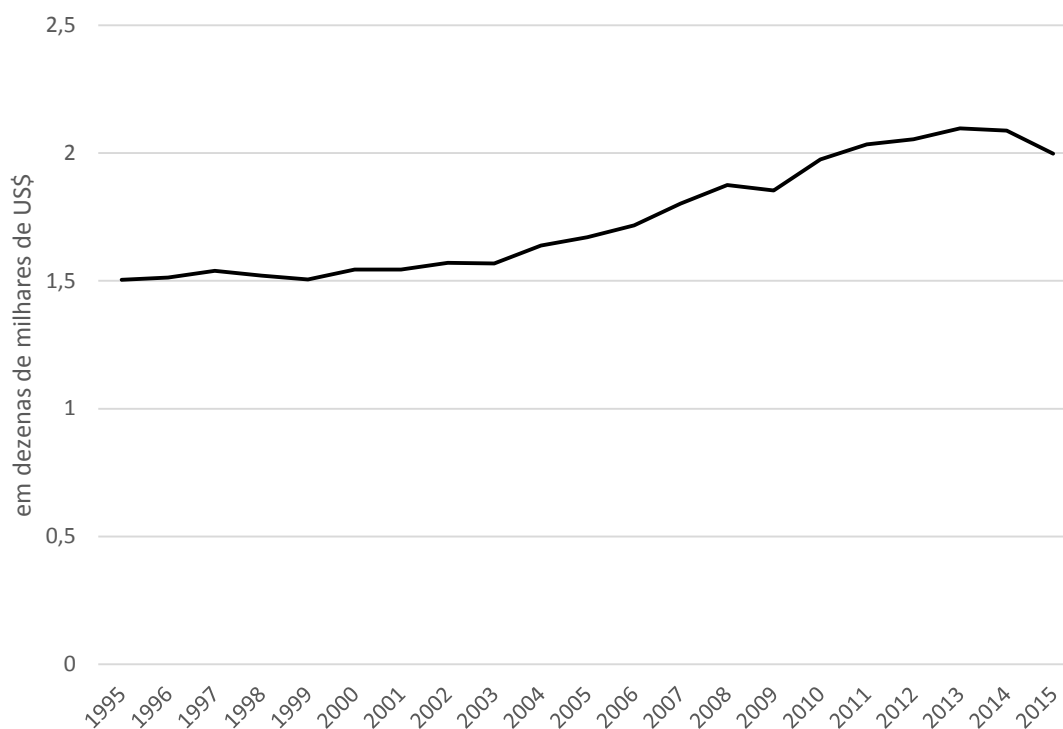


Fonte: Elaboração própria com dados de The World Bank.

O PIB brasileiro é um dos dez maiores do mundo, na casa dos milhares de trilhões, e desde 2015 vem em viés de crescimento negativo. Apesar disso, o número absoluto e a posição do Brasil em relação aos demais países do globo mostra a expressão de sua economia. A inclinação da reta do PIB per capita acompanha a evolução da produção total de bens e serviços do país, mostrando um aumento contínuo até o período mais recente. Cabe destacar que o Brasil se encontra bem pior posicionado em relação as demais nações nesse quesito, sendo considerado de renda média.



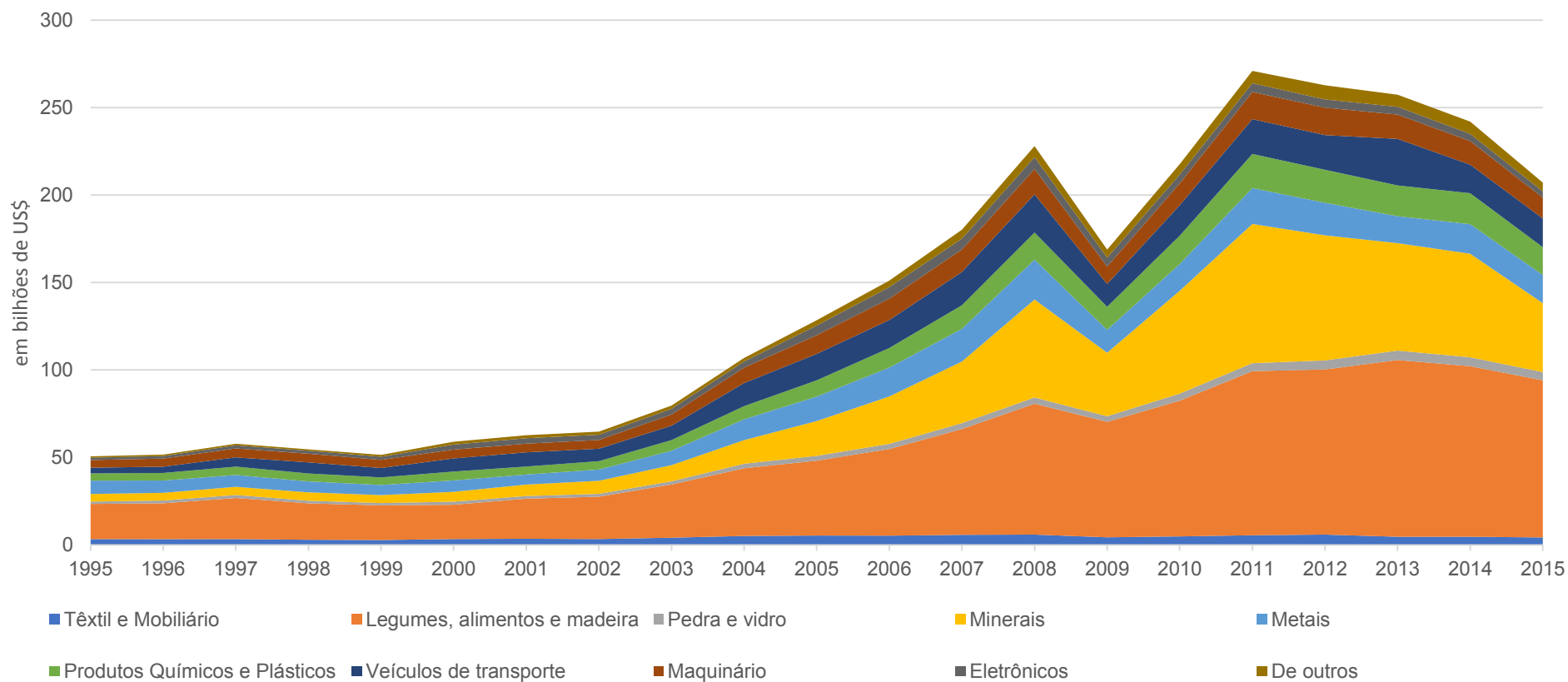
**GRÁFICO 2 – Evolução do Produto Interno Bruto brasileiro per capita (a preços constantes de 2010), 1995-2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de The World Bank.

Quanto ao volume de bens e serviços exportado, o Brasil teve, nos anos recentes, um sensível aumento em termos absolutos, como pode ser demonstrado pelo gráfico abaixo:

**GRÁFICO 3 – Exportações brasileira classificadas no primeiro dígito da HS 4, 1995–2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University.

O gráfico acima nos mostra o total exportado em bilhões de dólares pelo Brasil entre 1995 e 2015 classificado pelo primeiro dígito da Harmonized System 4 (HS4). É possível ver uma alta significativa no valor absoluto das exportações brasileiras no período em praticamente todos os grupos. As exportações totais passaram da casa dos 50 bilhões de dólares para a casa do 200 bilhões no período analisado.

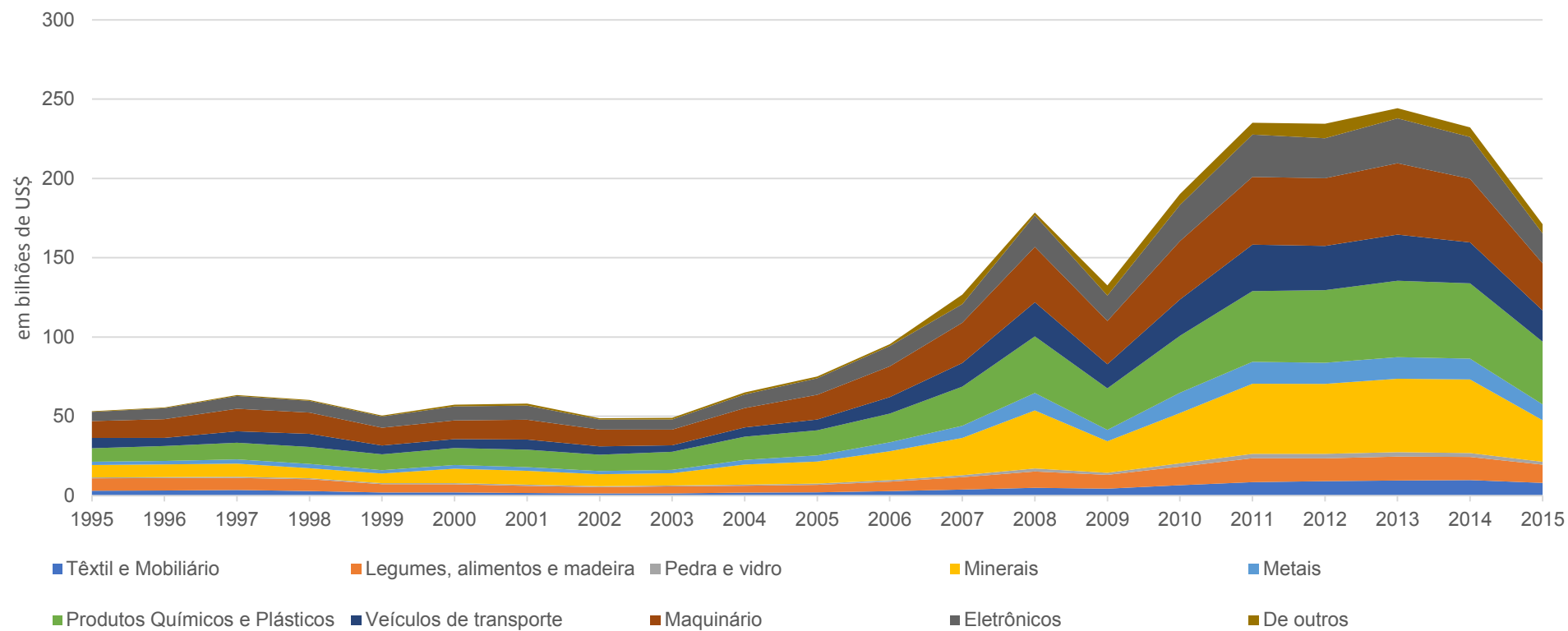
Importante ressaltar a grande parcela representada pelos alimentos e madeira, que durante todo o período representa cerca de 40% do total das exportações. Os minerais foram os que tiveram maior alta relativa, passando de cerca de 10% das exportações em 1995 para aproximadamente 20% em 2015. A participação dos têxteis e mobiliário caiu significativamente, da casa de 7% para 2%, assim como a dos metais, de 15% para 8%. Os demais mantiveram os mesmos patamares, quais sejam: pedras e vidros, cerca de 2,5%; produtos químicos, 8%; veículos de transporte, passaram de 8% para de 6%; maquinário, representavam 9% em 1995 e passaram a representar 6% em 2015; eletrônicos, aproximadamente 2%; e outros, 2%.

Quanto às importações, o gráfico a seguir nos mostra que elas também cresceram vertiginosamente nas últimas décadas, da casa dos 50 bilhões de dólares para a dos 180 bilhões em 2015.

No começo da série histórica, podemos notar que a maior fatia das importações é de maquinário, que representavam 20% do total importado. Tal patamar fica relativamente constante ao longo do período, com esse tipo de importação representando 17% em 2015. A alta mais considerável se deu com os produtos químicos, passaram de 16% do total para 23% no período em questão. A maior variação negativa se deu na importação de alimentos, que passou de 15% do total para apenas 7%.

Nos demais grupos não houve grandes variações. Os têxteis e mobiliário encolheram de 6% para 5%, enquanto os metais passaram de 4% para 6% do total. Ficaram constantes as pedras e vidros em 1%, os veículos de transporte em 12%, os eletrônicos em 11% e os minerais em 15%.

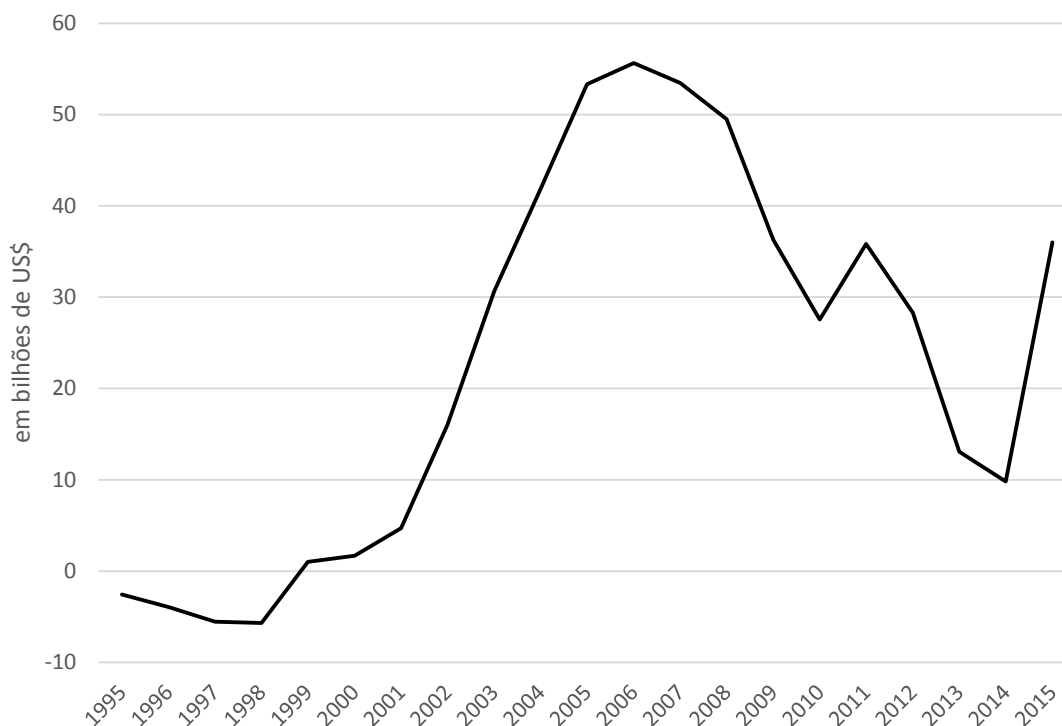
**GRÁFICO 4 – Importações brasileira classificadas no primeiro dígito da HS 4, 1995–2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University.

Quanto a balança comercial, podemos perceber que o Brasil, em quase todo o recorte utilizado, possui um superávit comercial. A partir de 1999, mas mais acentuadamente a partir de 2002, o Brasil vem tendo considerável excedente nas transações de produtos com o resto do mundo.

**GRÁFICO 5 – Balança comercial brasileira, 1995-2015**



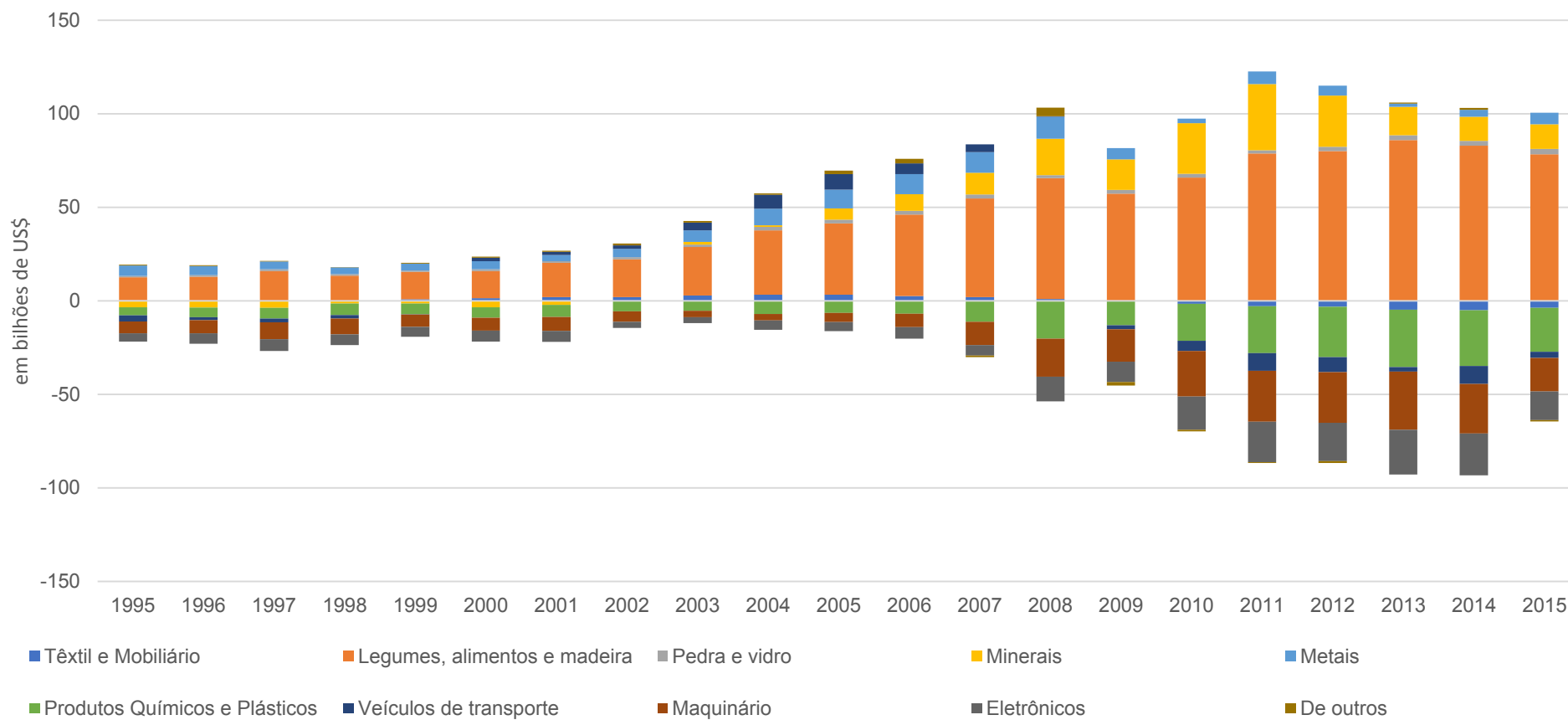
Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University.

O gráfico a seguir nos mostra mais claramente quais são os produtos que somos consumidores e quais são os que somos fornecedores para o restante do globo. Vendemos mais que compramos em todo o período e em grande quantidade alimentos, que tem papel importante no superávit comercial do país. Os metais também contribuem para o saldo positivo em todo o período, apesar de recentemente ter menos importância quantitativa que de 2003 a 2008. Os minerais, por outro lado, eram pouco representativos no começo do recorte, mas recentemente têm gerado um excedente considerável.

Importante notar que até 2008 vendíamos mais veículos de transporte que comprávamos. A partir de 2009, no entanto, o fluxo se inverteu, e hoje

compramos mais que vendemos. Podemos notar que em todo o recorte o Brasil é grande consumidor de produtos como maquinário, eletrônicos e químicos.

**GRÁFICO 6 – Balança comercial por produto classificado na HS 4, 1995–2015**

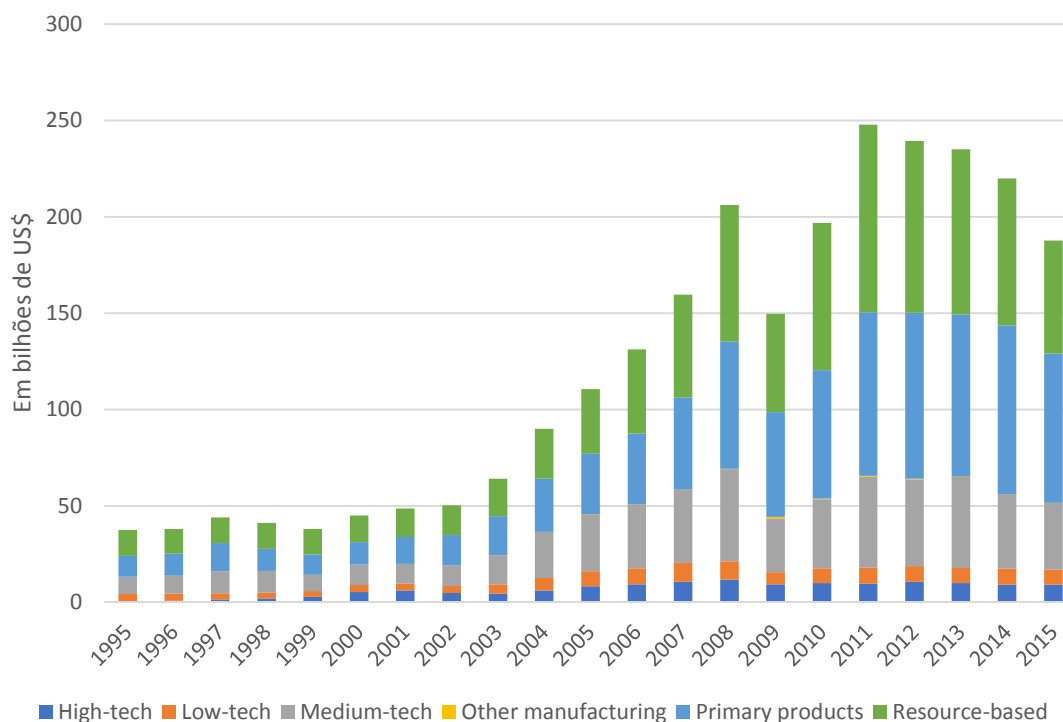


Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University.

Quanto ao nível de sofisticação dos produtos exportados pelo Brasil, utilizamos a classificação de Lall (2001) para montar o gráfico abaixo. Podemos notar que em todo o período os bens primários e baseados em recursos naturais têm grande importância na pauta de exportação brasileira. No começo do período, os bens primários representavam cerca de 29% da pauta, e ao final já representavam 41%, tendo um crescimento expressivo em sua representatividade. Os produtos baseados em recursos naturais, por outro lado, encolheram sua participação de 36% para cerca de 31%.

A participação dos produtos de média e baixa tecnologias encolheram consideravelmente. O primeiro de cerca de 24% para 19%, enquanto o segundo passou de 10% para 4%. Os produtos de alta tecnologia, por sua vez, cresceram sua participação de menos de 2% para quase 5%.

**GRÁFICO 7 – Exportações por nível de sofisticação, 1995-2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

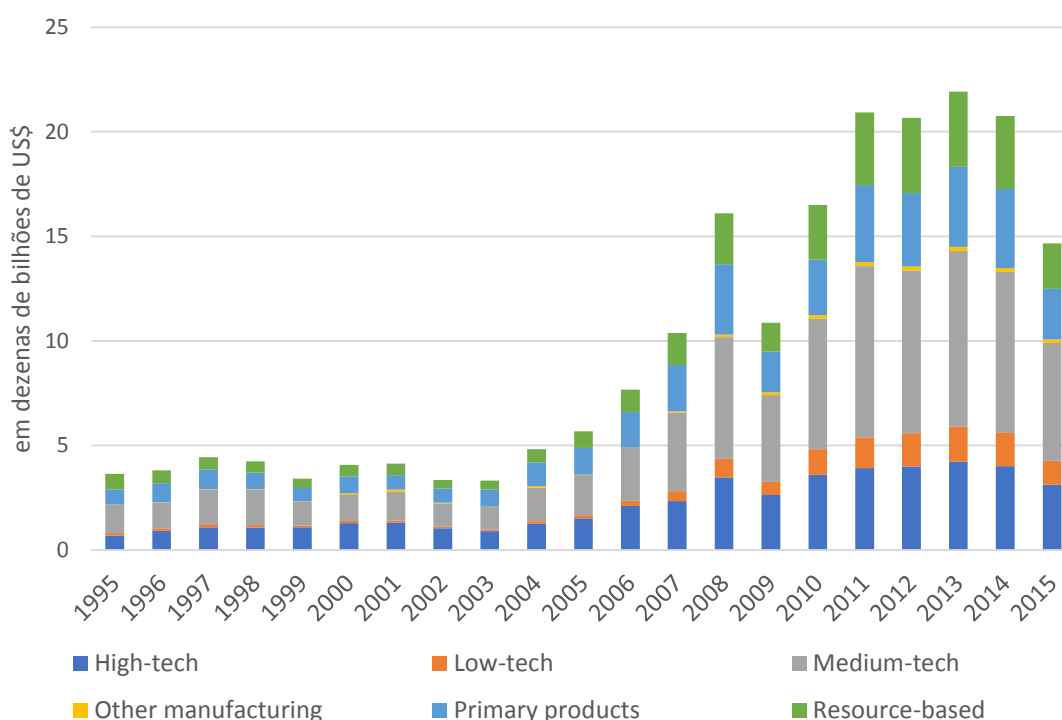
Em relação ao perfil das importações, podemos notar que as participações são mais equilibradas. O maior quantitativo importado é de produtos de média tecnologia. Em 1995 eles correspondiam a aproximadamente 37% da pauta de



importação, enquanto em 2015 representavam 38%. Os produtos de alta tecnologia representavam 19% no começo do recorte e em 2015 passaram a representar mais de 21%. Já os produtos de baixa tecnologia subiram sua fatia de 3% para 8% no período.

Os bens primários e baseados em recursos naturais tiveram queda em sua participação no período. Ambos representavam aproximadamente 20% da pauta cada em 1995. Ao final do período, os primeiros correspondiam a 17% e 15%, respectivamente.

**GRÁFICO 8 – Importações por nível de sofisticação, 1995-2015**

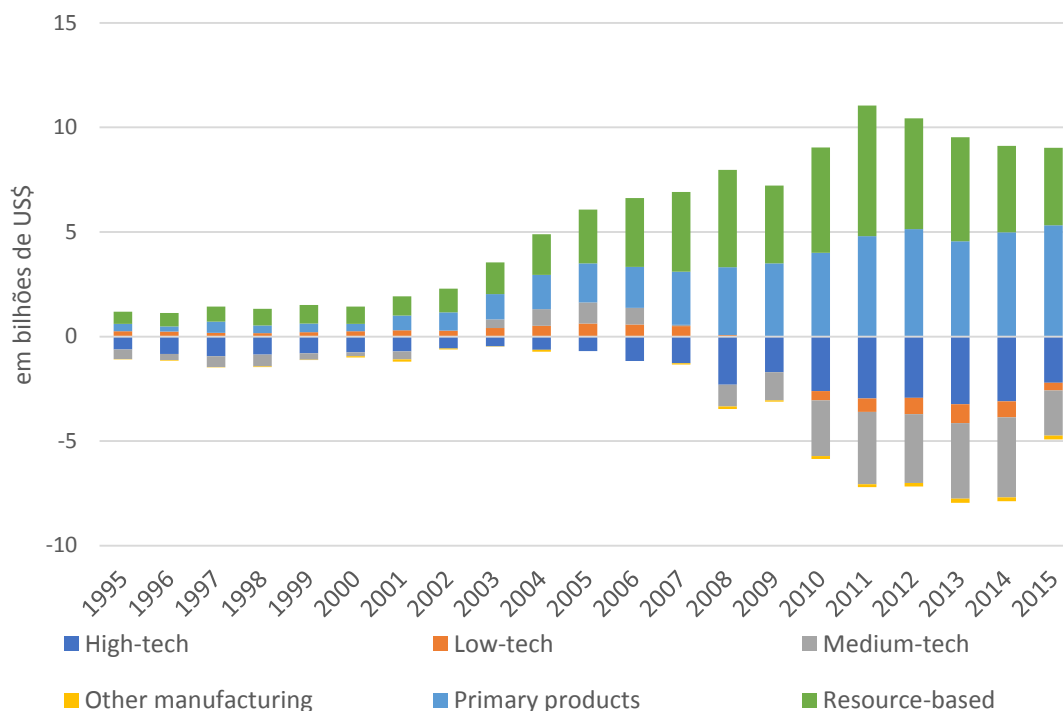


Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

Conforme a figura abaixo, podemos notar que o Brasil tem saldo comercial positivo em produtos primários e baseados em recursos naturais. Por outro lado, importa mais que exporta produtos de baixa, média e alta tecnologia. Nos mostra que estamos, de modo geral, exportando bens pouco sofisticados, que em geral tem menor valor agregado, e importando bens mais sofisticados, que geralmente

possuem maior valor agregado. Tal resultado pode ser um indicativo da pouca competitividade do país segmentos mais intensivos em tecnologia.

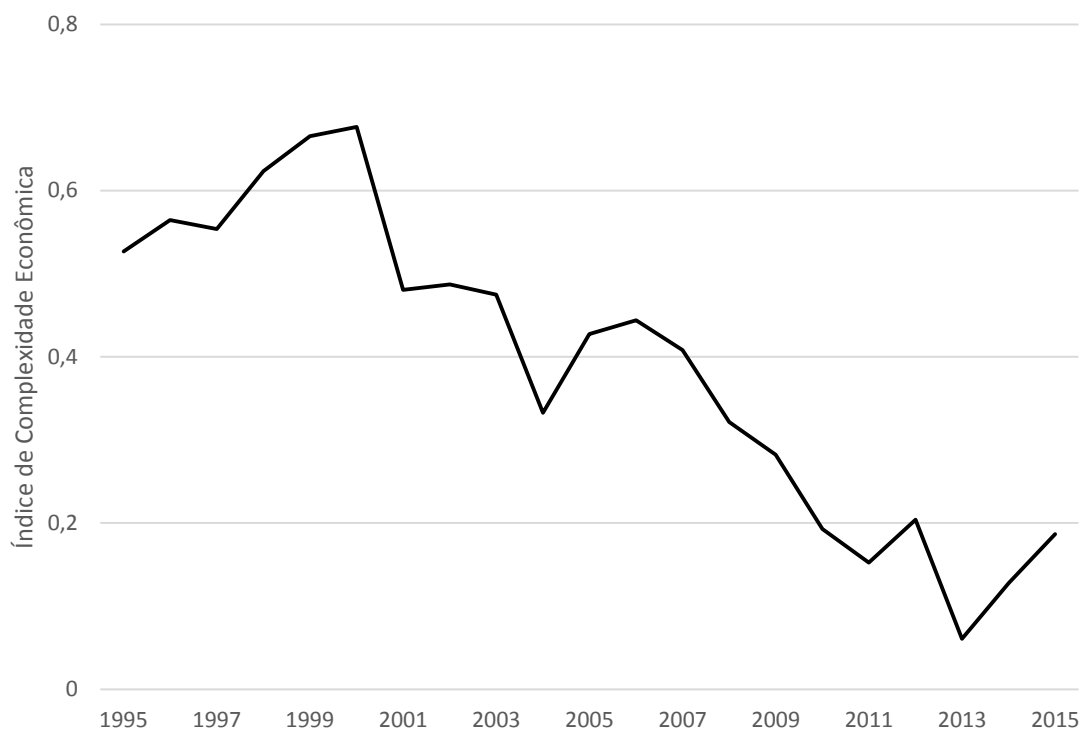
**GRÁFICO 9 – Balança comercial por nível de sofisticação, 1995-2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

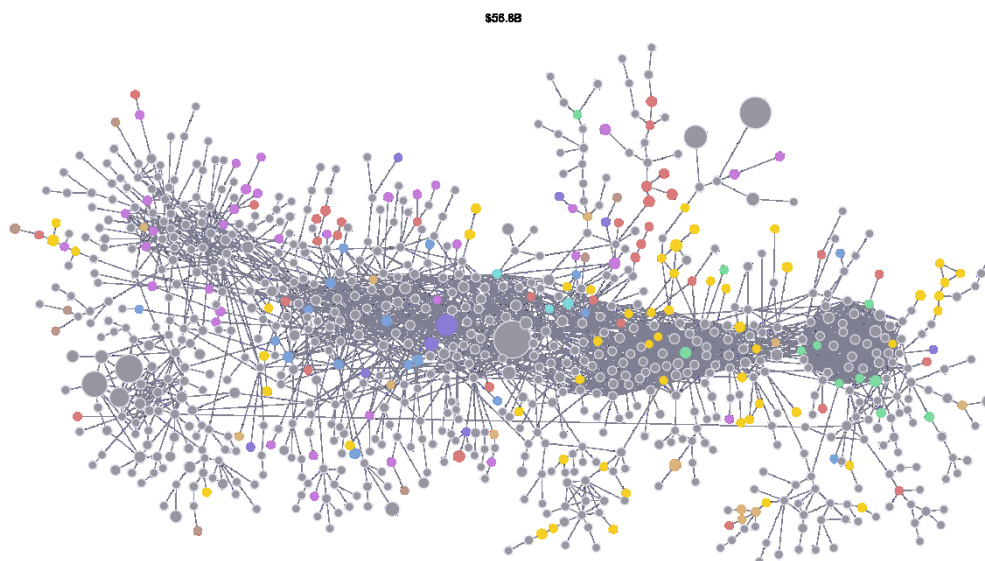
Analisando-se o nível de conhecimento da economia brasileira, podemos notar que o baixo nível de complexidade econômica do país reflete a pauta de exportação baseada em produtos menos sofisticados. No período analisado, o Brasil mantém uma trajetória decrescente de complexidade da economia, reflexo tanto da dependência da exportação de produtos primário e baseados em recursos naturais quanto da dificuldade de competir com os demais países nos segmentos mais intensivos em tecnologia no mercado mundial. A seguir a evolução do índice graficamente:

### GRÁFICO 10 – Índice de Complexidade Econômica do Brasil, 1995-2015

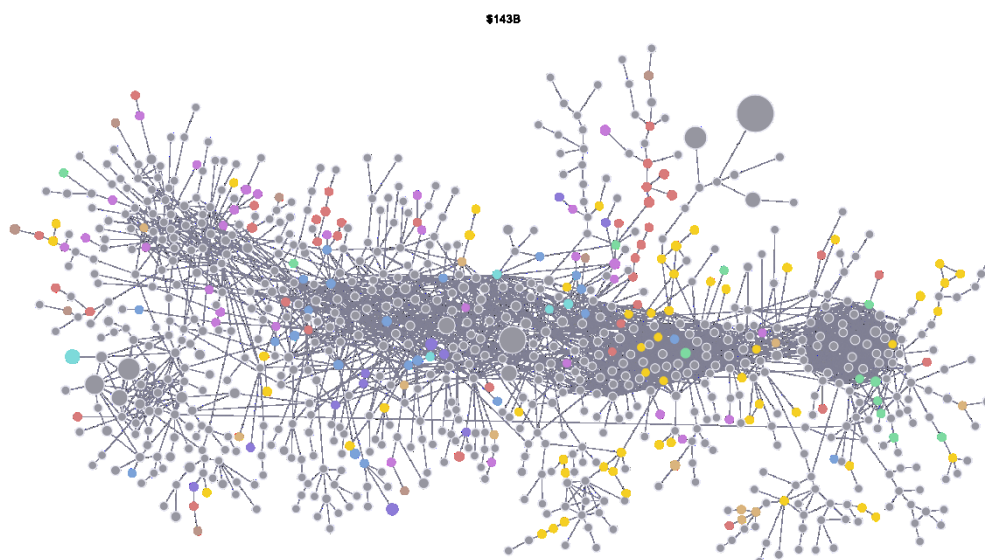


Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

A seguir iremos analisar a evolução do Product Space do Brasil em três diferentes momentos, 1995, 2005 e 2015. Os círculos preenchidos são aqueles os quais o Brasil tem VCR, sendo o tamanho dele representativo do volume exportado. As cores representam o primeiro dígito da HS4, quais sejam: i) verde, têxteis e móveis; ii) amarelo, alimentos; iii) bege, pedras e vidros; iv) marrom, minerais; v) vermelho, metais; vi) roxo, químicos e plásticos; vii) azul, veículos de transporte; viii) azul claro, maquinário; ix) verde claro, eletrônicos; e x) azul escuro, outros.

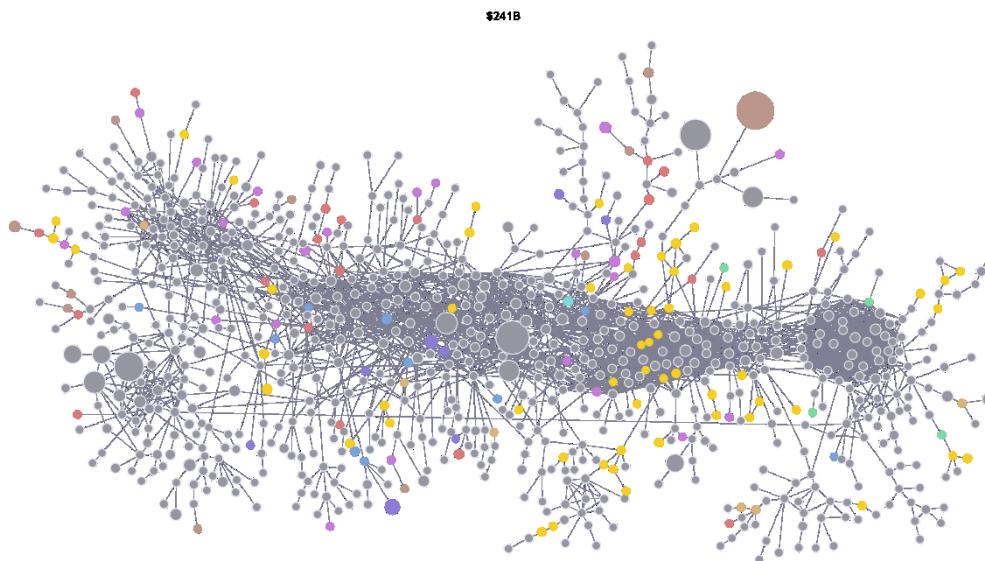
**FIGURA 1 – *Product Space* do Brasil, 1995**

Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

**FIGURA 2 – *Product Space* do Brasil, 2005**

Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

**FIGURA 3 – Product Space do Brasil, 2015**



Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

Importante lembrar que os produtos que compartilham mais conhecimento técnico e são mais complexos ficam mais próximos ao centro da rede. Em todos os períodos do recorte o Brasil possui mais produtos periféricos que produtos centrais. Ele possui algumas concentrações nas margens, principalmente as ligadas a alimentos e madeira (em amarelo).

Em 1995 havia uma concentração ligeiramente à esquerda do centro com produtos de veículos de transporte (em azul) e maquinário (em azul claro). A maior bola preenchida no período faz parte desse hub, e são os produtos ligados a partes de motores de veículos. Podemos notar que a partir de 2005 esse círculo não está preenchido. Outros produtos ligados a essa rede, no entanto, como motores de veículos de carga, tratores, maquinário agrícola e partes de motores a combustão permanecem todo o período com vantagem comparativa revelada.

Por outro lado, chama a atenção para a exportação de petróleo cru, classificado como mineral (marrom) a nordeste da representação. Em 1995 o Brasil não o exportava com VCR, apesar de este já representar um círculo de tamanho considerável, e em 2015 já o fazia. Apesar dos casos discutidos serem apenas pontuais e não generalizáveis, apontam na tendência de aumento da exportação

de produtos baseados em recursos naturais em contraposição a de produtos mais complexos.

## **2.2 O Brasil e a necessidade de uma mudança estrutural**

Como discutido, o Brasil, nas últimas décadas, não conseguiu se desenvolver economicamente, como fez a Coreia, nem consegue obter uma renda alta exportando produtos primários e manufaturados baseados em produtos primários, como Canadá e Austrália.

O Brasil está estagnado como um país de renda média que exporta principalmente bens poucos sofisticados e importa bens mais sofisticados. Isso é determinante para o nível de ICE relativamente baixo do país, que exporta em geral produtos pouco complexos e que ficam em regiões pouco conectadas do Product Space. Isso, além de impactar na renda atual, ainda torna mais escassa a possibilidade de desenvolvimento no futuro, pois faltam as *capabilities* necessárias à diversificação e sofisticação da produção.

A resposta para o problema brasileiro, segundo a corrente estruturalista, seria a realização de uma mudança estrutural na economia. Assim, seria possível passar da produção de produtos primários para bens de maior sofisticação e complexidade, que possuem maior valor agregado e cuja produção tem efeito positivo na produtividade do país.

Essa mudança estrutural envolveria a aquisição de novas *capabilities* e o rearranjo da estrutura produtiva do país. Como vimos, muitas são as propostas de métodos para a identificação de produtos ou setores capazes de desenvolver o país. Esses métodos, no entanto, se baseiam em demasia nos dados de comércio exterior e possuem pouco rigor, se valendo fortemente da subjetividade do pesquisador.

Levando em conta a necessidade de se realizar uma mudança estrutural no Brasil que o desenvolva e aumente a renda per capita do país, assim como as limitações dos métodos até hoje apresentados na literatura, é que esse trabalho

se propõe a criar um novo método de identificação de produtos estratégicos para uma política pública de desenvolvimento produtivo.

Este trabalho propõe, nesse sentido, duas contribuições principais à discussão em questão: a) considerar a estrutura produtiva do país de forma mais ampla, introduzindo à discussão variáveis relacionadas ao capital humano, governos, instituições, tecnologia e infraestrutura dos países; e b) aumentar o rigor metodológico, utilizando métodos de Análise Multivariada e o Propensity Score Matching para que a estrutura dos dados nos forneça os parâmetros necessários para a escolha dos produtos, diminuindo a subjetividade do pesquisador na escolha das variáveis.

Por fim, utilizaremos o próximo capítulo para explicar os dados, métodos e as variáveis utilizadas nesse trabalho. Com isso, busca-se alcançar esses dois objetivos acima elencados.

## 3 PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS ESTRATÉGICOS

### 3.1 O Método de Match Multidimensional

O objetivo deste capítulo é discutir os métodos e os dados que serão utilizados ao longo do trabalho. O método proposto visa a contribuir para a discussão da identificação de produtos estratégicos com base na literatura de complexidade econômica. Nesse sentido, tentaremos apresentar alternativas que solucionem as limitações dos métodos até então apresentados.

Uma das limitações que apontamos se refere à escolha das variáveis, restritas ao que se pode extrair dos dados de comércio exterior. A literatura atual se baseia fortemente nesses dados, como podemos perceber pelas variáveis consideradas pelos trabalhos nesse campo: i) sofisticação ou ICP e distância (Razo e Vrolijk, 2015; Cimini *et al.*, 2018; Zuccolo e Klissurski, 2017); ii) ICP e ganho de oportunidade (Hausmann *et al.*, 2019); ICP, distância e ganho de oportunidade (Hausman e Chauvin, 2015; Feliciano *et al.*, 2017); e ICP, distância e ganho de oportunidade e dados de importações e exportações (Romero e Freitas, 2018; Hausmann *et al.*, 2017).

Considerando-se mais características estruturais das economias estudadas espera-se criar um método que torne mais exequível a implementação da proposta de política a que esse trabalho se propõe. Assim, se levará em conta mais fatores que influenciam a criação e reorganização de *capabilities* em uma economia, tornando a proposta mais alinhada ao mundo real.

Para conseguir alcançar esse objetivo, iremos criar indicadores agregados para medir alguns aspectos da economia que podem nos ajudar a entender a formação e *capabilities* na economia, a saber: capital humano; instituições e governo; e infraestrutura e tecnologia. Com isso espera-se desenhar um quadro mais amplo da estrutura dos países estudados.



Um segundo ponto identificado como limitação dos métodos até hoje propostos é a construção dos índices que baseiam a escolha dos setores. Grande parte dos trabalhos é baseada em médias (Hausmann and Chauvin, 2015; Zuccolo e Klissurski, 2017; Romero e Freitas, 2018; Hausmann *et al.*, 2019) e outros em atribuição de valores de acordo com rankings por variável (Feliciano *et al.*, 2017).

Esse tipo de ferramenta é muito subjetiva, cada pesquisador atribuindo o peso que lhe parece adequado às variáveis. Com isso, se tem menos rigor e dificulta-se a criação de um padrão. Para solucionar tal problema, aqui propomos a utilização de uma regressão que possa nos dar um *score* para cada par produto/país utilizando variáveis a serem apresentadas e, além disso, fazer um *matching* para identificar casos semelhantes com o escolhido, deixando com que os dados façam a seleção pelo pesquisador. Evita-se, portanto, a necessidade de escolha de pesos pelo pesquisador. Desse modo, conseguiremos propor uma política pública que se baseia em um método mais rigoroso e que possa levar o Brasil a conseguir realizar sua mudança estrutural e, conseqüentemente, se desenvolver economicamente. Para tanto, precisamos primeiro identificar qual o resultado esperado deste trabalho. O resultado que se busca com a proposta aqui apresentada é uma lista de produtos que o Brasil possa incentivar sua exportação com VCR para que se inicie esse processo de transformação da estrutura produtiva.

Devemos considerar como de interesse para a proposta final apenas os produtos que o Brasil ainda não exporta com VCR. Para estes, então, é necessário criar critérios para a priorização dos produtos que sejam mais interessantes à política pública a ser sugerida. No presente trabalho, utilizaremos o alinhamento do produto com as características do país como o primeiro passo para identificar a lista pretendida.

Nesse sentido, utilizaremos uma regressão que possa captar o quão provável seria que cada país exportasse com VCR cada produto classificado com 4 dígitos segundo a *Harmonized System* (HS). Essa probabilidade representará a emergência de diversas características intrínsecas à estrutura dos países, que se somam para criar as condições ideais para a competitividade de uma indústria. Assim, é possível ver quais os produtos cujas características somadas a da

estrutura produtiva do país os tornam mais prováveis de serem exportados, mas que ainda não os exportamos com VCR.

Além disso, utilizando as probabilidades preditas de exportação de cada produto, podemos identificar quais os pares país/produto de países que já exportam com VCR mais se assemelham com produtos do Brasil que não exportamos com VCR. Assim, é possível identificar em quais casos estruturas parecidas com o Brasil levaram ao desenvolvimento de *capabilities* que nos interessa desenvolver. Como as estruturas são parecidas, a emergência de um produto na rede em uma rede pode significar que estão presentes as condições necessárias para o desenvolvimento na outra.

Nesse sentido, como queremos identificar a probabilidade de exportação dos produtos por país, vamos colocar a exportação com  $VCR > 1$  como a variável binária a ser explicada. Assim, se um país exporta um produto com VCR ele assume o valor de 1, e se não o fizer ele assume o valor de 0.

O método escolhido para se fazer a predição da probabilidade é a Probit. Assim, utilizaremos as variáveis explicativas a serem apresentadas para determinar o Score (probabilidade predita) de cada par (país/produto). Teremos, então uma probabilidade predita de certo país exportar com VCR determinado produto, para todos os países e todos os produtos trabalhados.

### **3.1.1 Procedimentos realizados**

Para a que se tenha as variáveis necessárias à regressão Probit, será feita uma grande base de dados com as variáveis ligadas à literatura da complexidade econômica e ao comércio internacional a serem utilizadas como explicativas, quais sejam: índice de complexidade econômica; complexidade do produto; Prody; abertura econômica; e composição setorial. Com elas busca-se captar as características estruturais dos países que emergem dos dados de comércio exterior.

Além desses, com o intuito de adicionar à pesquisa elementos que extrapolam os utilizados até hoje na literatura aqui estudada, e se utilizar uma grande gama de

informação sem que o número de variáveis torne o trabalho de difícil compreensão, será feita uma Análise de Componentes Principais com um vasto espectro de indicadores, deixando que a estrutura dos dados aponte qual os melhores inputs para a regressão que se seguirá. Desse modo, serão feitos fatores que sumarizem características correlacionadas, aumentando a quantidade de informações presentes sem poluir a regressão.

Após esse primeiro passo, serão analisados os maiores scores produzidos para cada par Brasil/produtos que ainda não exportamos com VCR. Como primeiro filtro, nos debruçaremos apenas sobre os produtos que tiverem o nível de complexidade maior que o agregado do país (também utilizam o mesmo filtro focando apenas nos produtos com ICP maior que o ICE da unidade de estudo Cimini et al., 2018 e Romero e Freitas, 2018). Assim, não serão considerados produtos que não contribuam para o aumento do ICP do país e não apresentem ganhos em termos de *capabilities* para o país caso passem a ser exportados com VCR.

A próxima etapa consistirá na realização *matching* entre os pares brasileiros identificados e os do restante do mundo que exportam com VCR. Esse processo é baseado na técnica microeconômica chamada Propensity Score Matching, O que se encontrará serão produtos nos quais o Brasil tem probabilidade de exportação semelhante aos outros países que já o exportam, mas que nós ainda não exportamos. Dessa forma poderemos ver que existem países com características semelhantes ao Brasil e que conseguem exportar os produtos em questão com o *share* maior que a média mundial.

### **3.1.2 Probabilidade predita para exportações**

A definição da probabilidade de exportação de acordo com o PSM já foi realizada em outros trabalhos, como em Araújo (2006), em que foram usados dados por unidade industrial para encontrar quais empresas que não exportam têm probabilidade similar de exportação a de empresas que exportam. Além disso, Girma et al. (2004) utiliza a possibilidade de exportação como tratamento no acompanhamento de empresas e a possibilidade de exportação ao longo do

tempo. Nessa linha, Fryges (2007) utiliza a exportação como tratamento para medir a evolução da produtividade de empresas ao longo do tempo.

O trabalho realizado, no entanto, não utiliza a metodologia em questão como usualmente ela é utilizada. Aqui será realizada uma aplicação não paramétrica. A variável utilizada como o tratamento do método do PSM será a exportação com VCR, que é uma variável binária que nos diz se no ano em questão o país exportou o produto com vantagem comparativa revelada. Como o interesse é apenas nos produtos que o Brasil não exporta com VCR, o *Matching* será feito partindo de um caso e, portanto, não temos variância.

Listados os produtos que o Brasil não exporta com VCR apenas com filtro do ICP maior que o ICE do país, passamos então para um exercício mais desafiador. Tanto para o Probit quanto para o PSM adicionamos primeiro a restrição de apenas aceitar produtos que possuem pelo menos uma ligação no *Product Space* e que sejam de média e alta tecnologia (classificação de Lall, 2000). A ideia é encontrar produtos que auxiliem em uma mudança estrutural acelerada. E, em seguida, para os mesmos testes ficamos apenas com os produtos de alta tecnologia.

A partir dos produtos identificados será feita uma proposta de política pública desenvolvimentista setorial. Por fim, para discutir qual seria o impacto de uma política nesse sentido na estrutura do país, será feita uma simulação com os produtos encontrados para verificar qual o ganho de complexidade para o país caso esses produtos passassem a ser exportados com VCR.

### **3.1.3 Etapas do método**

Para melhor explicitar o processo acima descrito de forma geral, iremos descrever cada etapa do processo de forma separada, assim como, ao final, mostrar uma figura que represente o método.

#### **Etapa 0: Coleta dos dados**

Nessa etapa foram coletados os dados necessários à pesquisa. Eles incluem os dados necessários à realização da medição de características socioeconômicas dos países estudados (World Economic Forum e UNESCO Institute for Statistics), os dados necessários aos cálculos de variáveis ligadas ao comércio exterior (World Bank) e os indicadores da literatura de complexidade econômica (Atlas da Complexidade Econômica).

### **Etapa 1: Análise de Componentes Principais**

Com o objetivo de se criar indicadores agregados que melhor representem o sistema econômico dos países, nessa etapa se realiza a Análise de Componentes Principais. Com ela espera-se sanar a limitação apontada na literatura atual que foca apenas em dados do comércio exterior. Assim, agregaremos à análise fatores referentes à capital humano, instituições, governo, infraestrutura e tecnologia.

### **Etapa 2: Cálculo de variáveis ligadas ao comércio exterior**

Aqui são calculadas a variável PRODY e os índices de abertura comercial e de participação dos produtos de alta e média tecnologia na exportação dos países. Esses são indicadores comumente utilizados em análises de comércio internacional e que nos ajudam a explicar a estrutura dos países.

### **Etapa 3: Identificação do potencial competitivo (regressão Probit)**

Nessa etapa serão calculadas as probabilidades preditas para cada par produto/país. Com isso visamos medir o potencial competitivo de cada país para cada produto. Assim, um maior *score* significa que aquele país tem características estruturais e socioeconômicas que o tornam mais propenso a exportar o bem em questão.

A intenção da aplicação do Probit é tornar o método proposto mais rigoroso. Nesse sentido, visa-se substituir a construção de índices por uma regressão que possa nos apresentar o potencial competitivo sem que seja preciso fazer ponderações quanto à importância de cada variável. Esta, ao invés de ser determinada pela subjetividade do pesquisador, será dada pela estrutura dos dados.

#### **Etapa 4: Potencial de exportação competitiva (*Propensity Score Matching*)**

Na quarta etapa busca-se identificar o potencial de exportação competitiva do país de estudo, o Brasil, para cada produto. Este método é utilizado também no intuito de tornar o trabalho mais rigoroso, encontrando um resultado robusto que não dependa das escolhas do pesquisador, e sim do padrão dos dados.

O que se encontrará serão casos em que o Brasil tem a probabilidade predita (*score*) de exportar certo produto que ainda não exporta com RCA mais próxima de um país que o exporta com RCA. Assim, serão identificados casos em que o Brasil possui as condições socioeconômicas de ser competitivo no mercado internacional, mas ainda não o é.

#### **Filtro 1: Contribuição marginal positiva de *capabilities***

O primeiro filtro do nosso trabalho tem por intuito selecionar apenas os produtos que podem contribuir para o aumento de *capabilities* para o país selecionado. Para tanto, em ambos os testes serão excluídos os produtos os quais possuam um ICP menor que o ICP do país estudado (Brasil).

#### **Filtro 2: Seleção dos produtos com potencial de mudança estrutural**

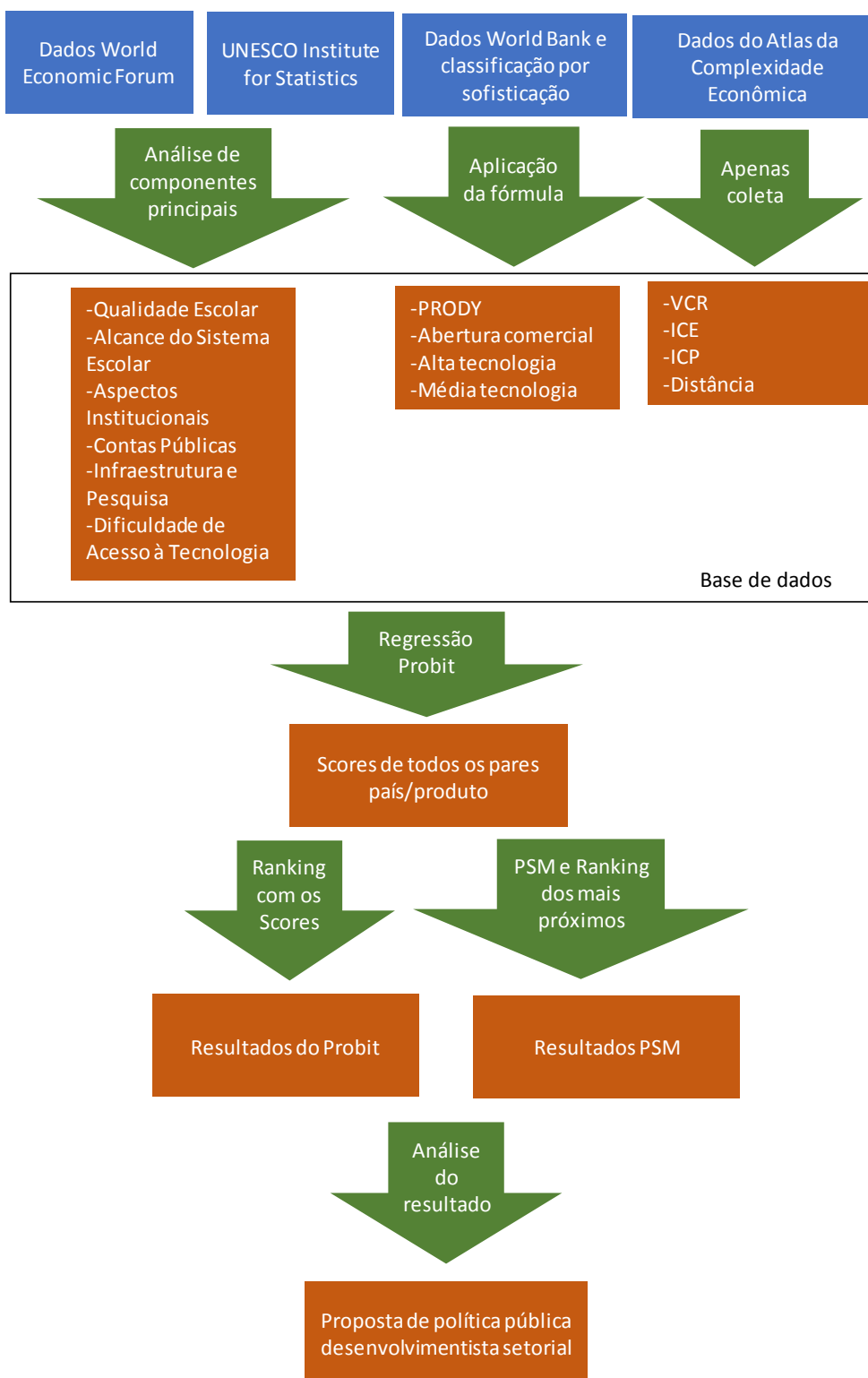
Por fim, será realizado um filtro que busca selecionar apenas produtos que possam levar o Brasil a realizar uma mudança estrutural. Dessa forma, serão selecionados apenas: os produtos que possuem conexões no *Product Space*, pois compartilham conhecimentos com outros produtos, ou seja, suas *capabilities* podem ser usadas posteriormente no desenvolvimento de outros; os produtos de alta e média tecnologia, em um primeiro momento, e apenas os de alta em um segundo, para selecionar apenas produtos que representam uma migração da estrutura produtiva para setores mais sofisticados e que geram maior renda.

#### **Etapa 5: Proposta**

A última etapa do processo será a análise dos resultados obtidos e a elaboração de uma proposta de política pública. Para tal, serão levados em conta os resultados tanto da Probit quanto do PSM, considerando apenas os casos atendem aos critérios estabelecidos nos filtros propostos.

A seguir a representação visual do método utilizado nesse trabalho:

**FIGURA 4 – Método de identificação de produtos**



Fonte: elaboração própria

### 3.2 Dados e variáveis

Os dados utilizados se referem ao ano de 2015. Os valores exportados, o índice de VCR, a distância, o índice de complexidade econômica e o índice de complexidade do produto foram obtidos no site Atlas da Complexidade Econômica da Universidade de Harvard, que os disponibiliza para 232 países e 1240 produtos do Harmonized System (HS) de 4 dígitos.

**TABELA 1 – Resumo dos dados de exportação, VCR, distância, complexidade econômica e complexidade do produto, 2015**

Variável	Observações	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
<b>Valor exportado</b>	240572	6,33E+10	1,13E+12	0	1,81E+14
<b>VCR</b>	240572	0,1150882	0,319129	0	1
<b>Distância</b>	240560	0,87921	0,113043	0	1
<b>ICE</b>	240572	-0,05224	0,928465	-2,73797	2,48339
<b>ICP</b>	240572	-4,03E-08	0,999576	-2,69406	3,60143

Fonte: Elaboração própria com dados de Atlas da complexidade econômica

Ao final, ficamos com 169 países e 1240 produtos, totalizando 209.560 pares país/produto. Cabe lembrar que o RCA apenas é calculado quando a exportação é maior que zero, portanto para os produtos não exportados por um país seu valor é nulo.

Além disso, foram utilizados indicadores disponibilizados pelo World Economic Forum (WEF) e pela UNESCO Institute for Statistics para a realização da Análise de Componentes Principais. Os dados do primeiro, em sua maioria, são obtidos através de uma pesquisa realizada com empresários que dão nota de 0 a 7 para os indicadores pesquisados. O restante dos dados é retirado do World Bank e da base anteriormente citada da UNESCO.



**TABELA 2 – Resumo dos dados referentes ao capital humano, 2015**

Variável	Observações	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Qualidade Ed. Primária	139	3,96	1,03	2,02	6,67
Matr. na Ed. Primária	138	91,5	8,79	37,69	100
Matr. na Ed. Secundária	139	82,89	25,23	22,79	135,54
Matr. na Ed. Terciária	136	40,24	27,8	0,81	116,62
Qual. do Sistema de Ed	139	3,76	0,9	2,05	6,13
Qual. em Mat e Ciências	139	4,02	0,94	1,97	6,36
Qual. do Gerenciamento	139	4,23	0,84	2,33	6,26
Acesso à Internet nas Escolas	139	4,3	1,12	1,65	6,49
Disp. de Pesquisa e Treinamento	139	4,24	0,84	2,68	6,55
Treinamento dos Funcionários	139	4,02	0,66	2,58	5,74
Expect. de Anos de Escolaridade	138	13,86	2,75	7,74	22,92
Média de Anos de Escolaridade	138	9	3,02	2,32	14,08
Sobre. Último Ano do Secundário	135	88,85	12,39	31,06	99,88

Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

**TABELA 3 – Resumo dos dados referentes à instituições e governança, 2015**

Indicador	Observações	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Respeito à propr.	140	4,35	0,98	1,59	6,42
Desvio de fundos	140	3,61	1,20	1,22	6,41
Confiança nos políticos	140	3,17	1,14	1,27	6,25
Suborno	140	4,15	1,20	2,10	6,68
Independência do judiciário	140	3,98	1,27	1,13	6,68
Parcialidade das decisões	140	3,24	0,92	1,41	5,65
Desperdício de dinheiro	140	3,25	0,93	1,18	6,01
Eficiência da Justiça	140	3,79	0,95	1,52	6,18
Eficiência regulatória	140	3,60	0,92	1,25	5084,00
Transparência das políticas	140	4,15	0,81	1,76	6,22
Confiança na polícia	140	4,26	1,12	1,73	6,73
Balanco do orçamento	140	-2,71	4,33	-14,77	25,52
Poupança	140	20,96	10,81	-9,04	59,37
Inflação anual	140	4,01	6,23	-1,60	62,17
Dívida Pública	140	52,46	35011,00	1,57	246,42
Custo da Política Agrícola	140	3,80	0,65	1,78	5,87
Proteção de direitos	140	5,04	2,82	0,00	12,00

Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum

**TABELA 4 – Resumo dos dados dos referentes Infraestrutura e Tecnologia, 2015**

Indicador	Observações	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Qualidade da infraestrutura	140	4,13	1,08	2,10	6,47
Qualidade das estradas	140	4,04	1,12	1,94	6,61
Qualidade dos portos	140	1,22	1,22	1,37	6,77
Qualidade do transp. aéreo	140	4,36	1,11	1,50	6,80
Disp. de assentos aéreos	140	1106,97	3480,05	0,26	35949,63
Qual. energia elétrica	140	4,54	1,53	1,29	6,84
Linhas de telefone fixo	140	18,92	16,83	0,00	61,09
Linhas de telefone celular	140	114,68	36,38	30,46	239,30
Capacidade de inovação	140	4,07	0,75	2,59	6,01
Qual. instituições de pesquisa	140	3,90	1,04	2,19	6,44
Disp. em P&D pelas empresas	140	3,42	0,88	2,01	6,02
Colab. entre uni. e empresas	140	3,72	0,90	2,03	5,97
Tecnologia de ponta governamental	140	3,38	0,63	1,63	5,65
Engenheiros e cientistas	140	4,00	0,73	2,56	6,06
Patentes	140,00	31,02	71,05	0,00	334,87

Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum

Por fim, temos os indicadores calculados utilizando-se os dados do World Bank e o resultado das análises de componentes principais que serão apresentadas no próximo capítulo.

**TABELA 5 – Resumo dos dados dos indicadores calculados e do resultado dos componentes principais, 2015**

Variável	Observações	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo
Alta Tecnologia	240572	0,08	0,13	0,00	0,84
Média Tecnologia	240572	0,15	0,20	0,00	1,00
PRODY	240572	0,01	0,03	0,00	1,00
Abertura	172369	-0,01	0,99	-1,87	2,41
Qualidade do Ensino	171129	0,00	0,97	-2,13	2,01
Alcance do Sistema de Escolar	171129	0,00	0,97	-2,52	2,37
Aspectos Institucionais	171129	-0,01	1,00	-2,88	2,46
Contas Públicas	171129	0,00	1,00	-4,22	3,63
Infraestrutura e Pesquisa	172369	-0,01	0,51	-0,92	1,26
Dificuldade de Acesso a Tecnologia	172369	0,00	0,31	-1,44	0,95

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum, UNESCO, e Atlas da Complexidade Econômica

A seguir segue a descrição das variáveis a serem utilizadas.

### 3.2.1 PRODY

A variável PRODY é apresentada por Hausmann, Rodrik e Hwang (2006). O PRODY é uma medida do nível de renda associado a um produto. O índice é uma média ponderada pelo PIB per Capita do país dada a exportação de certo produto. Ela é amplamente usada como variável de sofisticação de produto, principalmente no estudo da capacidade de países de exportar produtos de alto valor agregado (ver XU e LU, 2009; XU, 2010; CÓRCOLES *et al.*, 2014). Para calculá-lo, denominaremos  $j$  o país em análise e  $l$  os produtos em geral tal que a exportação total de um país seja:

$$X_j = \sum_l x_{jl} \quad (1)$$

Representando o PIB per Capita de um país por  $Y_j$ , temos que a produtividade associada ao produto  $k$  é:

$$PRODY_k = \sum_j \frac{\frac{x_{jk}}{X_j}}{\sum_j x_{jk}/X_j} Y_j \quad (2)$$

Onde  $x_{jk}/X_j$  é a porção do produto em questão nas exportações gerais do país e  $\sum_j x_{jk}/X_j$  a soma de todas as participações do produto nas exportações gerais de todos os países. Temos, portanto, a soma de todas as participações relativas dos países no produto ponderadas pelo PIB per capita.

### 3.2.2 Índice de Complexidade Econômica

O índice de complexidade econômica utilizado no trabalho será o proposto por Hausmann e Hidalgo (2011). Ele será usado como medida das *capabilities* presentes tanto nos países como nos produtos. Apesar de haver trabalhos mais recentes que propõe índices mais robustos, foi escolhida tal metodologia pela facilidade de acesso à variável, já disponível no site do Observatório da Complexidade Econômica. Para formar o índice de complexidade os autores utilizam os conceitos de diversidade e ubiquidade. Inicialmente temos uma matriz  $M_{cp}$ , relativa ao país  $c$  e o produto  $p$ , sendo 1 se o país exporta com VCR e 0 se não o exporta. O conceito de Vantagem Comparativa Revelada utilizado é o

apresentado em Balassa (1965), sendo os produtos nos quais o país tem vantagem comparativa revelada como aqueles os quais o país exporta em proporção maior de sua pauta se comparada à proporção da matriz mundial de exportações. Formalmente, sendo  $X_{cp}$  a exportação do país  $c$  e do produto  $p$ , a vantagem comparativa revelada do país  $c$  no produto  $p$  será:

$$VCR_{cp} = \frac{X_{cp}/\sum_p X_{cp}}{\sum_p X_{cp}/\sum_c p X_{cp}} \quad (3)$$

As medidas de diversidade e ubiquidade, por sua vez, são, formalmente:

$$\text{Diversidade: } k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (4)$$

$$\text{Ubiquidade: } k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (5)$$

Nessa esteira, os países complexos serão os que exportam grande diversidade de produtos pouco ubíquos, enquanto os produtos complexos serão os pouco exportados e exportados por países complexos. Formalmente a correção por ubiquidade e diversidade nos dá:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} k_{p,N-1} \quad (6)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} k_{c,N-1} \quad (7)$$

Substituindo (14) em (13), temos:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{c,p} \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{c'} M_{c',p} k_{c',N-2} \quad (8)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} k_{c',N-2} \sum \frac{M_{c,p} M_{c',p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (9)$$

Reescrevendo, ficamos com:

$$k_{c,N} = \sum_{c'} M_{cc'} k_{c',N-2} \quad (10)$$

Onde,

$$M_{cc'} = \sum_p \frac{M_{c,p} M_{c',p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (11)$$

Em que (17) é satisfeito quando  $k_{c,N}=k_{c,N-2}=1$ . O autovetor  $M_{cc'}$  é associado ao maior autovetor. Como, porém, ele é composto apenas pelo numeral 1, ele não é útil. Por isso, é escolhido o autovetor associado aos segundos maiores valores. Esse é o autovetor que capta maior variância e é o usado para calcular o Índice de Complexidade Econômica (ECI):

$$ECI = \frac{\vec{K} - \langle \vec{K} \rangle}{stdev(\vec{K})} \quad (12)$$

Onde  $\langle \rangle$  é a média,  $stdev$  é o desvio padrão e  $\vec{k}$  é o autovetor de  $M_{cc'}$  associado ao segundo maior autovetor.

Quanto ao Índice de Complexidade do Produto, este é obtido trocando os índices de  $c$  e  $p$  em relação à complexidade do país. Ficamos com:

$$PCI = \frac{\vec{Q} - \langle \vec{Q} \rangle}{stdev(\vec{Q})} \quad (13)$$

Onde  $\vec{Q}$  é o autovetor de  $M_{pp'}$ , associado ao segundo maior autovetor.

### 3.2.3 Distância

A distância é o oposto da proximidade entre os produtos do Product Space. Esta, por sua vez, mede a quantidade de *capabilities* ou conhecimento técnico que um par de produtos compartilha. Para tanto, considera-se que os produtos que são mais comumente exportados em conjunto pelos países são mais relacionados.

A distância é utilizada nesse trabalho como um indicativo da quantidade de *capabilities* que um país deve desenvolver para conseguir produzir certo produto com Vantagem Comparativa Revelada.

Para calcular a proximidade, mede-se a probabilidade condicional de um país que exporta  $p$  de exportar  $p'$ . Formalmente:

$$\phi_{pp'} = \frac{\sum_c M_{cp} M_{c'p'}}{\max(k_{p,0}, k_{p',0})} \quad (14)$$

A distância, por sua vez, calcula a o quão longe certo produto está do restante dos produtos da rede de certo país. Assim, ela é definida como a soma das proximidades do produto  $p$  com todos os produtos que o país  $c$  não exporta, dividida pela soma das proximidades de todos os produtos para  $p$ . Formalmente:

$$d_{cp} = \frac{\sum_{p'} (1 - M_{c'p'}) \phi_{pp'}}{\sum_{p'} \phi_{pp'}} \quad (15)$$

### 3.2.4 Abertura Comercial

A abertura comercial será utilizada como medida do quão inserido no comércio internacional um país está. Nesse trabalho será calculada pela razão entre a soma das exportações e importações com o total do PIB. O cálculo da abertura comercial desse modo é utilizado em trabalhos como o de (Fraga e Bacha, 2013). Formalmente:

$$AC = \frac{\text{Exportações} + \text{importações}}{\text{PIB}} \quad (16)$$

### 3.2.5 Composição Setorial

A composição setorial é usada nesse trabalho como referência da estrutura da economia. Países com alta concentração agrícola provavelmente ainda não realizaram seu processo de desenvolvimento pela mudança estrutural, enquanto economias baseadas em produtos de alta e média intensidade tecnológica provavelmente já o fizeram.

As variáveis de composição setorial utilizadas nesse trabalho são baseadas na classificação sugerida por Lall (2000). Assim, para o setor de alta tecnologia, dividimos as exportações de alta tecnologia pelo total de exportações. Da mesma maneira, para o setor de média tecnologia, dividimos o total de sua exportação pela exportação total. Formalmente:

$$HT = \frac{\text{Exportações de alta tecnologia}}{\text{Total de exportações}} \quad (17)$$

$$MT = \frac{\text{Exportações de média tecnologia}}{\text{Total de exportações}} \quad (18)$$

### 3.3 Metodologia

A seguir, apresentaremos os métodos utilizados nesse trabalho. O primeiro é a Análise de Componentes Principais. A utilizaremos para que seja possível desenhar um quadro vasto das características tanto aparentes como implícitas dos países. Assim, cada componente contempla uma grande gama de variáveis, sintetizando importantes aspectos de uma economia. Ao final, temos um total de variáveis pequeno, o que torna mais inteligível o método geral, mas contemplando um rol muito extenso de informações sobre as economias estudadas.

O outro método é o Propensity Score Matching, que para fins didáticos foi separado aqui em suas fases, a regressão do tipo Probit e o *matching* dos scores achados. O primeiro é uma regressão de repostas binárias, que nos fornecerá, dada as variáveis que escolhermos, qual a probabilidade de um caso país/produto ser exportado com vantagem comparativa revelada. O segundo nos será útil para encontrarmos os casos mais semelhantes dados os parâmetros escolhidos. Desse modo, podemos tanto encontrar os produtos que são mais prováveis de serem exportados dadas as características levadas em consideração, como acharmos observações mais próximas das que tomaremos como referência.

#### 3.2.1 Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais é uma técnica de Análise Multivariada. Esta pode ser definida, em sentido lato, como os métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas variáveis de determinado objeto de interesse (Hair et al, 2005).

A ACP é uma abordagem estatística usada para analisar a inter-relação entre um grande número de variáveis e explicá-las em termos de suas dimensões comuns, chamadas de fatores (Hair et al, 2005). Seu objetivo é resumir padrões de

correlação entre variáveis observáveis em um número reduzido de fatores (Tabachnick e Fidell, 2007).

Uma Análise de Componentes Principais possibilita explicar a estrutura de variância-covariância utilizando combinações lineares das variáveis originais. Serão criados, dessa forma, componentes que acumularão a variância das variáveis utilizadas. A eficiência do método, portanto, está relacionada a correlação entre as variáveis, independentemente de ela ser positiva ou negativa (Amaral, 2018).

Nesse trabalho, esperamos que ela nos possibilite colocar um grande número de informações em um número pequeno de variáveis. Assim, podemos capturar melhor a estrutura e características pouco visíveis de uma economia sem poluir em demasia nossa regressão.

A ACP é amplamente usada para a criação de índices que possam caracterizar sistemas ou resumir uma grande quantidade de informação. Seu uso mais comum é para construir indicadores agregados (TOLENTINO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2015; LAI, 2002; BISWAS e CALIENDO; 2002). Existem outras aplicações, que vão desde análises de flutuação de preço (ESMAEILI E SHOKOOHI, 2011) até a análise econômica regional (ZHU, 1998). No presente trabalho iremos fazer seu uso mais comum, a construção de índices feitos de indicadores agregados.

Algebricamente, a ACP forma combinações lineares de  $n$  variáveis aleatórias, definidas de acordo com a matriz de variância ou correlação. A escolha entre matrizes leva em conta a escala das variáveis. Para variáveis de escalas muito distintas, por exemplo, é aconselhável a utilização da matriz de correlação, já que a utilização da de covariância pode gerar um resultado distorcido (Amaral, 2018).

Para uma matriz de correlação  $C$ , simétrica, advinda de um vetor de variáveis  $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ , temos as combinações lineares:

$$Z_1 = Xl_1 = l_{11}X_1 + l_{21}X_2 + \dots + l_{n1}X_n \quad (19)$$

$$Z_2 = Xl_2 = l_{12}X_1 + l_{22}X_2 + \dots + l_{n2}X_n \quad (20)$$

$$Z_n = Xl_n = l_{1n}X_1 + l_{2n}X_2 + \dots + l_{nn}X_n \quad (21)$$



Que têm variância  $\text{Var}(Z_i) = \ell_i' C \ell_i$  e covariância  $\text{Cov}(Z_i, Z_k) = \ell_i' C \ell_k$ . Os componentes principais serão, portanto, as combinações não correlacionadas (ortogonais)  $Z_1, \dots, Z_n$ , que captam a maior variância possível (Amaral, 2018).

### 3.3.2 Probit

Nesse trabalho utilizaremos a Probit para nos dar a probabilidade predita de um país exportar com VCR certo produto. Os modelos de repostas binárias são os baseados em variáveis dependentes binárias. Eles são utilizados quando a variável resposta assume apenas dois valores possíveis, representados pelo “sucesso” (resultado estudado) e pelo “fracasso” (outro resultado possível). No nosso trabalho o “sucesso” é a exportação com VCR, enquanto o “fracasso” é a não exportação com VCR.

A Probit é largamente usada na análise de comércio exterior. Ela é aplicada, por exemplo, para medir os fatores que levam uma empresa a exportar (WAGNER, 2008) ou se um fator específico aumenta a chance de um país ou indústria exportar (NGUYEN, 2008; ESTEVE-PÉREZ E RODRIGUEZ, 2013; BLEANEY e WAKELIN, 2002; TEAL, 2003; KOX E ROJAS-ROMAGOSA, 2010).

Esse método, no entanto, pode ser utilizado para diversos outros fins, como: para analisar as escolhas de regimes de taxa de câmbio (RIZZO, 1998); estudar as variáveis determinantes para a falência de empresas (LENNOX, 1999); calcular a probabilidade de recessões ocorrerem em um determinado país (KARNIZOVA e LI, 2014); e apontar os quais os fatores mais determinantes para um país pedir moratória da dívida (MOGHADAM e SAMAVATI, 1991).

O uso da Probit nesse trabalho se assemelha aos trabalhos mencionados que fazem análises de comércio exterior. No nosso caso, no entanto, ao invés de focar nos fatores que levam um país ou uma empresa a exportar, iremos focar na chance de exportação para os pares de países/produtos que a regressão irá nos entregar. Isto porque entendemos esse *score* como um índice que capta a emergência das principais características de uma economia.

A distribuição dos dados nesse tipo de modelo é necessariamente definida por um modelo Bernoulli. Por isso, a estimação é geralmente feita por máxima verossimilhança. O objetivo desses modelos é, portanto, estimar ou prever a probabilidade de um evento tendo como condição as variáveis explicativas utilizadas.

Formalmente, o interesse está na probabilidade da resposta (Cameron e Trivedi, 2005):

$$p(x) \equiv P(y = 1 | x) = P(y = 1 | x_1, x_2, \dots, x_K) \quad (22)$$

Onde  $Y$  é a variável dependente binária e os  $X$  são as variáveis independentes.

Quanto às variáveis explicativas, elas podem ser contínuas ou binárias. Supondo uma variável explicativa contínua  $X_j$ , podemos medir seu efeito parcial na probabilidade de sucesso da variável dependente como:

$$\frac{\partial P(y=1 | x)}{\partial x_j} = \frac{\partial p(x)}{\partial x_j} \quad (23)$$

No caso de variáveis binárias, o interesse é na diferença das probabilidades de resposta quando, como no exemplo anterior, a variável explicativa  $X_k$  assume os valores de 0 ou 1. Formalmente, segundo Cameron e Trivedi (2005):

$$p(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, 1) - p(x_1, x_2, \dots, x_{k-1}, 0) \quad (24)$$

O Probit é um modelo de respostas binárias e parte de uma função de densidade de probabilidade representada por:

$$P_i = \int_{-\infty}^i \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) dt \quad (25)$$

A transformação da Probit é dada pela inversa da função de distribuição normal acumulada:

$$\eta_i = \phi^{-1}(p_i) = \text{probit}(p_i) \quad (26)$$

Assim, o modelo pode ser especificado como:

$$\phi^{-1}(p_i) = \eta_i = \sum_{k=0}^k \beta_k x_{ik} \quad (27)$$

$$p_i = \Phi(\sum_{k=0}^k \beta_k x_{ik}) \quad (28)$$

No Modelo Probit, dado que  $X_b$  tem distribuição normal, interpretamos os coeficientes pensando em uma função na métrica Z (quantil normal). Portanto, o aumento de uma unidade na variável explicativa leva ao aumento do *score* Probit de  $b$  desvios padrões.

### 3.3.3 Propensity Score Matching

O Propensity Score Matching é um método empírico sugerido por Rosenbaum e Rubin (1983) para o estudo de respostas contra factuais. Seu intuito é medir o efeito de certo tratamento em uma população alvo. No nosso caso, espera-se que consigamos encontrar quais países, para um mesmo produto, possuem semelhante probabilidade predita de exportar e exporta com VCR enquanto nós não o fazemos.

Assim, o “tratamento” é a exportação com VCR. Conseguiremos, com isso, achar países que possuem um conjunto de características que geram uma probabilidade de exportação com VCR parecida com o Brasil e conseguem, com essas características, exportá-lo enquanto nós ainda não o fazemos.

Onur Baser (2006) cita como exemplo de pergunta contra factual “O que aconteceria com a saúde de determinado paciente caso ele tivesse recebido um tratamento diferente?”. A dificuldade de tal tipo de estudo é que não é possível observar o resultado do grupo tratado caso ele não o tivesse sido. Nesse sentido, o desafio é medir qual parte do resultado se deve ao tratamento e qual se deve a fatores externos. Tem-se interesse, portanto, no chamado *average treatment effect on treated* (ATET). O ATET mede o efeito que o tratamento realizado teve sobre os que foram tratados.

O método pressupõe que a seleção do tratamento pode ser explicada pelas características observáveis. Nesse sentido, a escolha do casamento seria ditada por essas características. A ideia seria, então, achar nos não participantes observações similares às dos participantes que não foram afetadas pelo tratamento (Loi e Rodrigues, 2012).

Segundo Cameron e Trivedi (2005), o *matching* é atrativo caso: (1) possamos controlar por uma robusta gama de variáveis; (2) existem muitos controles potenciais; e (3) o ATET é um parâmetro de interesse.

O PSM é um método comumente usado para a avaliação de políticas públicas (HEINRICH *et al.*, 2010). Nesse sentido, resultados interessantes podem ser obtidos pelo método quando se estuda o tratamento de certa população em relação a um grupo de controle não tratado. Assim, diversos programas de governo em áreas como políticas de distribuição de renda (RESENDE, 2006) e de mercado de trabalho (BRYSON *et al.*, 2002) já foram avaliados com a ajuda desse método.

No âmbito do comércio exterior, o PSM é utilizado principalmente para se avaliar a diferença de produtividade entre as firmas que exportam e as que não exportam. Assim, o “tratamento” seria a firma exportar, sendo esta a variável binária a ser explicada. O interesse é na produtividade que as firmas que começaram a exportar têm em comparação com as que não exportam, efeito chamado de “aprender pela exportação”.

Diversos trabalhos foram realizados nesse sentido, para diversos países, como Índia (MUKIM, 2011; HAIDAR, 2012), Reino Unido (GIRMA *et al.*, 2003, 2004), Chile (KIDDER, 2015), Alemanha (WAGNER, 2002), Turquia (YASAR e REJESUS, 2005; MAGGIONI, 2012), China (YANG e MALLICK, 2010), Eslovênia (LOECKER, 2007), Argentina (ALBORNOZ e ERCOLANI, 2007) e Espanha (ANTOLÍN *et al.*, 2013).

Além disso, o PSM também é utilizado para relacionar a capacidade de inovação das firmas e sua propensão a exportar. Nesse sentido, firmas mais inovadoras teriam maior probabilidade de conseguir exportar seus bens (BECKER e EGGER, 2009; HANLEY e PÉREZ, 2012; DAJIMAN *et al.*, 2010). O “tratamento”, assim como no caso anterior, seria a firma exportar sua produção.

Outros estudos utilizando a exportação no nível da firma são utilizados para: estudar o efeito da aglomeração de empresas exportadores na probabilidade das demais exportarem (GREENAWAY e KNELLER, 2008); e medir a efetividade de políticas de incentivo à exportação (MARTINCUS E CARBALLO, 2008).

A utilização do Propensity Score Matching com dados agregados de países, por outro lado, é menos comum. Ela já foi usada, no entanto, para medir o efeito da implementação da zona do euro nas exportações dos países membros (CHINTRAKARN, 2008). Assim, o “tratamento” seria a entrada na zona do euro.

Nosso estudo, entretanto, utiliza o PSM de forma diferente de todos os até aqui apresentados. Primeiro, porque não utilizamos a exportação com o “tratamento”, como na maioria dos estudos. Utilizamos, por sua vez, a exportação com VCR. Isso porque, como partimos do pressuposto que o país só adquire as *capabilities* necessárias para um produto quando exporta com VCR, esse é nosso objeto de interesse.

Segundo, não utilizamos os dados no nível da firma nem tampouco apenas para países. Como queremos apresentar uma proposta de política pública setorial, precisamos identificar produtos específicos que sejam interessantes para o desenvolvimento do país. Assim, nosso *matching* é realizado a partir da granularidade país/produto. Com isso, é possível comparar as condições estruturais presentes para cada par e encontrar o caso mais próximo. Para a formalização do método, Cameron e Trivedi (2005) desenvolvem o exposto a seguir. Dados os resultados  $y_{1i}$  e  $y_{0i}$ , para o tratado e o controle, respectivamente, o efeito médio do tratamento é:

$$\begin{aligned} & E [y_{1i} | D_i = 1] - E [y_{0i} | D_i = 0] \\ &= E [y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1] + \{E [y_{0i} | D_i = 1] - E [y_{0i} | D_i = 0]\} \end{aligned} \quad (29)$$

Onde o primeiro termo da segunda linha,  $E [y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1]$ , representa o ATET. O segundo termo,  $\{E [y_{0i} | D_i = 1] - E [y_{0i} | D_i = 0]\}$ , corresponde ao “viés”, que será zero se a escolha dos tratados e do controle for randômica.

O efeito do tratamento pode ainda ser isolado para a observação condicional de acordo com uma variável explicativa  $x_i$ . Nesse caso podemos calculá-lo para cada par tratamento/ $x_i$ . Formalmente, o ATET condicional pode ser representado por:

$$E[y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1] = E[\{E [y_{1i} | x_i, D_i = 1] - E [y_{0i} | x_i, D_i = 0]\} | D_i = 1] \quad (30)$$

Ainda segundo os autores, caso a variável  $x$  seja discreta, o estimador do *matching* é a soma ponderada a seguir apresentada:

$$E [y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1] = \sum_x \Delta_x \Pr[\mathbf{x}_i = \mathbf{x} | D_i = 1] \quad (31)$$

Onde  $\Delta_x = E [y_{1i} - y_{0i} | D_i = 1] - E[y_{0i} | \mathbf{x}_i, D_i = 0]$  e  $\Pr[x_i = x | D_i = 1]$  é a densidade de probabilidade de  $x_i$ , dado  $D_i = 1$ .

O *propensity score* será a probabilidade condicional de receber o tratamento dado  $x$  (Cameron e Trivedi, 2005). Este *score* é usualmente calculado usando um modelo paramétrico como o Logit ou o Probit, apesar de em princípio poder ser estimados por métodos não paramétricos. Como os modelos Logit e Probit chegam a resultados parecidos, a escolha entre eles não é muito crítica, apesar de a distribuição da Logit ser mais concentrada nas bordas (Caliendo e Kopeinig, 2005). Nesse trabalho optamos por utilizar um modelo Probit, motivo pelo qual este foi o modelo apresentado.

### 3.3.3.1 Algoritmos de Matching

Independentemente do algoritmo escolhido, todo *matching* consiste na comparação do *score* encontrado entre indivíduos ou entre a unidade de análise escolhida. Como no presente trabalho será feito um pareamento não paramétrico com a expectativa que os *scores* sejam bastante próximos, optamos por utilizar o método dos vizinhos mais próximos sem reposição. Assim, conseguimos objetivamente achar que está exportando com VCR um produto para o qual temos probabilidade predita semelhante.

O método de vizinhos mais próximos (*Nearest Neighbour Matching*) é o método mais direto. A escolha do par é feita tomando-se o *propensity score* mais próximo do objeto de análise. É possível trabalhar com reposição ou sem. No primeiro caso temos um pareamento mais preciso e menor viés, enquanto no segundo caso temos uma variância menor. Existe ainda a possibilidade de se encontrar mais de um vizinho próximo (*oversampling*). Existe um *trade-off* entre variância e viés. Mais informação sobre cada participante diminui a variância, enquanto uma média pior de pareamento aumenta o viés. Por fim, esse método pode levar a

*matchings* ruins caso os *score* mais próximos sejam longe entre si (Caliendo e Kopeinig, 2005).

De acordo com (Camero e Trivedi, 2005), podemos representá-lo como:

$$A_i(p(\mathbf{x})) = [p_j | \min_j ||p_i - p_j||]$$

(32) Que representa a escolha do  $j$  que represente a menor diferença entre o *score* do indivíduo analisado e os disponíveis dos outros indivíduos.

## 4 IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS ESTRATÉGICOS PARA AUMENTAR A COMPLEXIDADE DA PRODUÇÃO BRASILEIRA

No presente capítulo iremos realizar os procedimentos descritos no capítulo anterior com o intuito de selecionar os produtos para a proposta de política pública a que este trabalho se direciona. Primeiramente, será aplicada a análise de componentes principais para a criação dos fatores que resumem informações estruturais e conjecturais dos países.

Serão feitas três aplicações, que abrangem um conjunto de variáveis socioeconômicas que possibilita caracterizar a estrutura dos países estudados. Com esse procedimento espera-se transformar um conjunto robusto de dados em um número limitado de variáveis, mantendo grande parte das informações iniciais sem tornar o entendimento do trabalho complexo em excesso.

Em um segundo momento, será feita a Probit, quando serão gerados os *scores* para cada par país/produto, sendo a variável a ser explicada a exportação com VCR. Ela será feita utilizando-se os fatores encontrados nas ACPs, índices de sofisticação e indicadores relacionados à complexidade econômica.

Com os *scores* calculados, selecionaremos os produtos com as maiores probabilidades preditas. Serão selecionados três grupos: a) os com os maiores *scores* que o Brasil não exporta com VCR e têm complexidade maior que a do país; b) os que atendem aos critérios anteriores, possuem pelo menos uma ligação no Product Space e são de média ou alta tecnologia; e c) os que atendem aos critérios anteriores excluindo-se os de média tecnologia.

Ainda utilizando os *scores* encontrados, realizaremos o PSM para encontrar pares de produto/país para os quais os países encontrados possuam uma probabilidade predita mais próxima do Brasil para certo produto, mas que eles exportem com VCR e nós não. Assim, conseguiremos captar para quais produtos o Brasil possui características parecidas, mas tem menos sucesso na sua exportação.



FIGURA 05 – Filtros realizados

ProbitPropensity Score Matching

Fonte: Elaboração própria

Com as duas listas feitas, iremos analisar os resultados para chegar a uma proposta de política. Esta proposta consistirá em uma lista de produtos que, se desenvolvidos pelo país, o colocarão no caminho da mudança estrutural e aumentarão a complexidade econômica do país. Por fim, iremos simular qual o efeito dessa política sobre o ICE do país e analisar quais os resultados esperados.

## **4.1 ACP**

### **4.1.1 Capital humano**

No presente trabalho foram construídos índices que pudessem representar o capital humano dos países de forma simples e com o menor número de variáveis possível. O capital humano é representado de diversas maneiras a depender do trabalho e do objetivo do autor.

Trabalhos como o de Barro (1991) utilizam as taxas de matrículas escolares como *proxy* para o capital humano. Outros trabalhos, como Romer (1989), utilizam a taxa de alfabetização, com o intuito de simplificar a análise. Saviotti, Pyka e Jun (2016) utilizam anos de estudo para classificar o nível educacional de países entre baixo e alto.

Uma famosa medida de capital humano é a de Barro-Lee (2010, 2013), que estima a média do nível educacional por idade. O indicador cobre mais de 146 países e é o mais usado como *proxy* ou indicador. Para ser construído, ele utiliza técnicas que possibilitam estimar dados inexistentes por extrapolação, aumentando assim a informação disponível.

A OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) ainda aplica testes como: o PISA, que mede a capacidade cognitiva de adolescentes entre 15 e 16 anos em capacidade de leitura, matemática, ciência e resolução de problemas; e o PIAAC, que testa a capacidade de adultos em relação à alfabetização, habilidades matemáticas e capacidade de resolver problemas em ambientes tecnológicos (Liu e Flaumeni, 2014).

Nesse estudo optamos por utilizar uma Análise de Componentes Principais (ACP) com 140 países em uma série de indicadores educacionais disponibilizados pelo World Economic Forum (WEF) e pela UNESCO Institute for Statistics. Os indicadores usados são: 1) qualidade da educação primária; 2) matrículas na educação primária (% líquida); 3) matrículas na educação secundária (% líquida); 4) matrículas na educação terciária (% líquida); 5) qualidade do sistema de educação; 6) qualidade do ensino de matemática e ciências; 7) qualidade do gerenciamento das escolas; 8) acesso a internet nas escolas; 9) disponibilidade de pesquisa e treinamento; 10) treinamento dos funcionários; 11) expectativa de anos de escolaridade; 12) média de anos de escolaridade; 13) índice de sobrevivência ao último ano do ensino secundário.

Para que tenhamos um bom resultado em uma ACP precisamos que as variáveis sejam correlacionadas. Abaixo segue uma matriz de correlação, na qual podemos ver o nível de correlação entre as variáveis.

**TABELA 6 – Matriz de Correlação das variáveis utilizadas nos fatores de Capital Humano, 2015**

Indicador	Qualidade de Ed. Primária	Matr. na Ed. Primária	Matr. na Ed. Secundária	Matr. na Ed. Terciária	Qual. do Sistema de Ed	Qual. em Mat e Ciências	Qual. do Gerenciamento	Acesso à Internet nas Escolas	Disp. de Pesquisa e Treinamento	Treinamento dos Funcionários	Expect. de Anos de Escolaridade	Média de Anos de Escolaridade	Sobre. Último Ano do Secundário
Qualidade Ed. Primária	1												
Matr. na Ed. Primária	0,4044	1											
Matr. na Ed. Secundária	0,5914	0,5210	1										
Matr. na Ed. Terciária	0,5507	0,4796	0,7355	1									
Qual. do Sistema de Ed	0,8891	0,2934	0,4218	0,3320	1								
Qual. em Mat e Ciências	0,9372	0,3566	0,475	0,4891	0,8424	1							
Qual. do Gerenciamento	0,7511	0,3447	0,5708	0,4866	0,7862	0,6682	1						
Acesso à Internet nas Escolas	0,8252	0,4353	0,6962	0,6856	0,7333	0,7337	0,7354	1					
Disp. de Pesquisa e Treinamento	0,7917	0,3311	0,5701	0,5376	0,8137	0,7032	0,8925	0,8200	1				
Treinamento dos Funcionários	0,7257	0,2956	0,4824	0,3747	0,7996	0,6166	0,7720	0,7552	0,8758	1			
Expect. de Anos de Escolaridade	0,6258	0,6046	0,8513	0,8367	0,4729	0,5134	0,5970	0,7331	0,6280	0,5120	1		
Média de Anos de Escolaridade	0,6486	0,4775	0,7943	0,7418	0,4804	0,5529	0,5477	0,7583	0,6293	0,5254	0,7920	1	
Sobre. Último Ano do Secundário	0,5047	0,2772	0,5602	0,4639	0,3763	0,4687	0,4101	0,5438	0,4395	0,3617	0,4916	0,5569	1

Fonte de dados: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

Podemos perceber que variáveis como a qualidade do ensino primário e a qualidade do ensino de matemática e ciências são muito correlacionadas (0,9372), assim como a qualidade da gerência das escolas e a disponibilidade de pesquisa e treinamento (0,8925). Tomando o quadro geral, podemos ver que todas as variáveis têm algum grau significativo de correlação.

**TABELA 7 – Fatores estimados para o Capital Humano, 2015**

<b>Fator</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Diferença</b>	<b>Proporção</b>	<b>Acumulado</b>
<b>Fator 1</b>	8,3184	6,6395	0,6399	0,6399
<b>Fator 2</b>	1,6789	0,9430	0,1291	0,7690
<b>Fator 3</b>	0,7359	0,1045	0,0566	0,8256
<b>Fator 4</b>	0,6310	0,1442	0,0485	0,8742
<b>Fator 5</b>	0,4868	0,1992	0,0374	0,9116
<b>Fator 6</b>	0,2876	0,0322	0,0221	0,9337
<b>Fator 7</b>	0,2553	0,0704	0,0196	0,9534
<b>Fator 8</b>	0,1850	0,0473	0,0142	0,9676
<b>Fator 9</b>	0,1277	0,0252	0,0106	0,9782
<b>Fator 10</b>	0,1125	0,3943	0,0087	0,9869
<b>Fator 11</b>	0,0731	0,1339	0,0056	0,9925
<b>Fator 12</b>	0,5971	0,0215	0,0046	0,9971
<b>Fator 13</b>	0,0382	-	0,0029	1

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

Realizando a ACP podemos perceber que apenas os dois primeiros fatores têm um autovalor maior que 1, ou seja, têm o poder explicativo maior que apenas uma variável. Além disso, a soma dos dois primeiros fatores representa 76,9% da variância, o que já pode ser considerado um valor alto. Por esses motivos, representaremos o capital humano nesse trabalho por esses dois fatores. Para entendê-los com mais clareza, segue a composição dos fatores.

**TABELA 8 – Composição dos fatores de Capital Humano, 2015**

	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
<b>Qualidade Ed. Primária</b>	0,9045	-0,2506
<b>Matr. na Ed. Primária</b>	0,5391	0,4083
<b>Matr. na Ed. Secundária</b>	0,7926	0,4434
<b>Matr. na Ed. Terciária</b>	0,7393	0,4894
<b>Qual. do Sistema de Ed</b>	0,8117	-0,5040
<b>Qual. em Mat e Ciências</b>	0,8170	-0,2982
<b>Qual. do Gerenciamento</b>	0,8390	-0,2846
<b>Acesso à Internet nas Escolas</b>	0,9217	-0,0254
<b>Disp. de Pesquisa e Treinamento</b>	0,8864	-0,2908
<b>Treinamento dos Funcionários</b>	0,7960	-0,3876
<b>Expect. de Anos de Escolaridade</b>	0,8307	0,4343
<b>Média de Anos de Escolaridade</b>	0,8205	0,3487
<b>Sobre. Último Ano do Secundário</b>	0,6107	0,2090

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

Podemos perceber que o primeiro fator é mais explicado por variáveis de qualidade do ensino e estrutura escolar, como: a) qualidade da educação primária (0,9045); b) acesso à internet nas escolas (0,9214); c) disponibilidade de pesquisa e treinamento (0,8864); e d) qualidade do gerenciamento das escolas (0,8390). Por esse motivo, a partir de agora nos referiremos a tal fator como Qualidade Escolar. Os países que tiveram níveis mais altos desse indicador foram: Finlândia (2,0129); Suíça (1,9810); e Singapura (1,9705). Por outro lado, os piores ficaram com: Chade (-2,0025); Guiné (-2,1112); e Mauritânia (-2,1340).

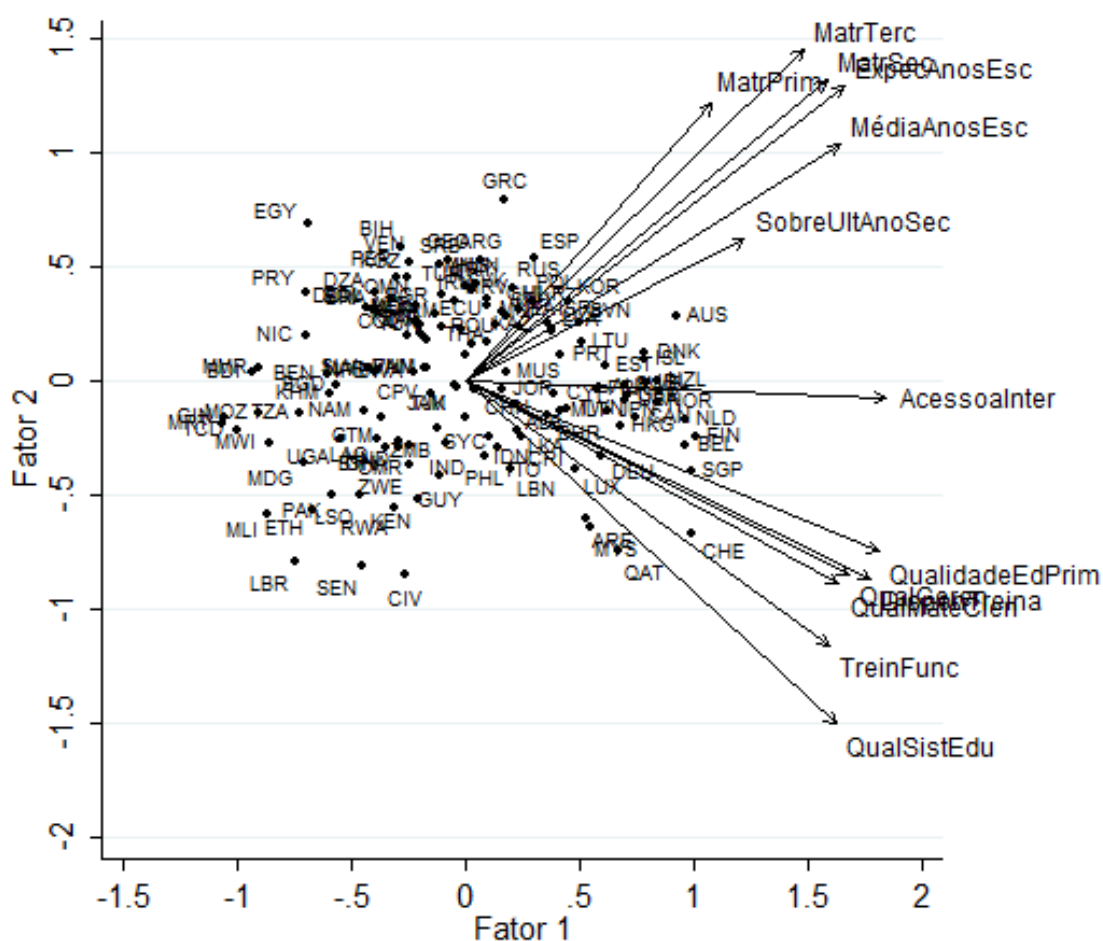
O segundo fator, por sua vez, está ligado ao alcance da educação, à exceção da variável de qualidade do sistema de educação (-0,5040). Ademais, explicam o fator, as variáveis: a) matrículas na educação terciária (0,4894); b) matrículas na educação secundária (0,4434); e c) expectativa de anos escolaridade (0,4343). O fator em questão será identificado nesse trabalho como Alcance do Sistema Escolar. Os países que tiveram níveis mais altos desse indicador foram Grécia (2,3703), 2º Egito (2,0519) e Bósnia (1,7622), enquanto finalizam a lista os africanos Libéria (-2,3552), Senegal (-2,4055) e Costa do Marfim (-2,5230).

O gráfico Biplot a seguir resume visualmente as informações dos dois primeiros fatores. Como podemos ver, as setas que mais se estendem no eixo x são à do Acesso à Internet nas Escolas e a Qualidade da Educação Primária, pois são os

maiores índices do fator 1. No eixo y, podemos ver que a Qualidade do Sistema de Educação se destaca na parte negativa, enquanto as Matrículas na Educação Terciária aparecem com o maior valor na parte positiva. Isso porque são os que têm os maiores módulos para o Fator 2.

Quanto aos países, podemos ver claramente, como anteriormente exposto, que Grécia (GRC) e Egito (EGY) possuem o maior índice do Fator 2. Os menores ficam com a Costa do Marfim (CIV), Senegal (SEN) e Libéria (LBR). Devido a quantidade de pontos no gráfico, não é possível identificar com tanta clareza os índices do Fator 1. Podemos, no entanto, identificar pontos já mencionados, como Singapura (SGP), que aparece bem à direita do gráfico.

**GRÁFICO 11 – Fatores Principais para Capital Humano, 2015**

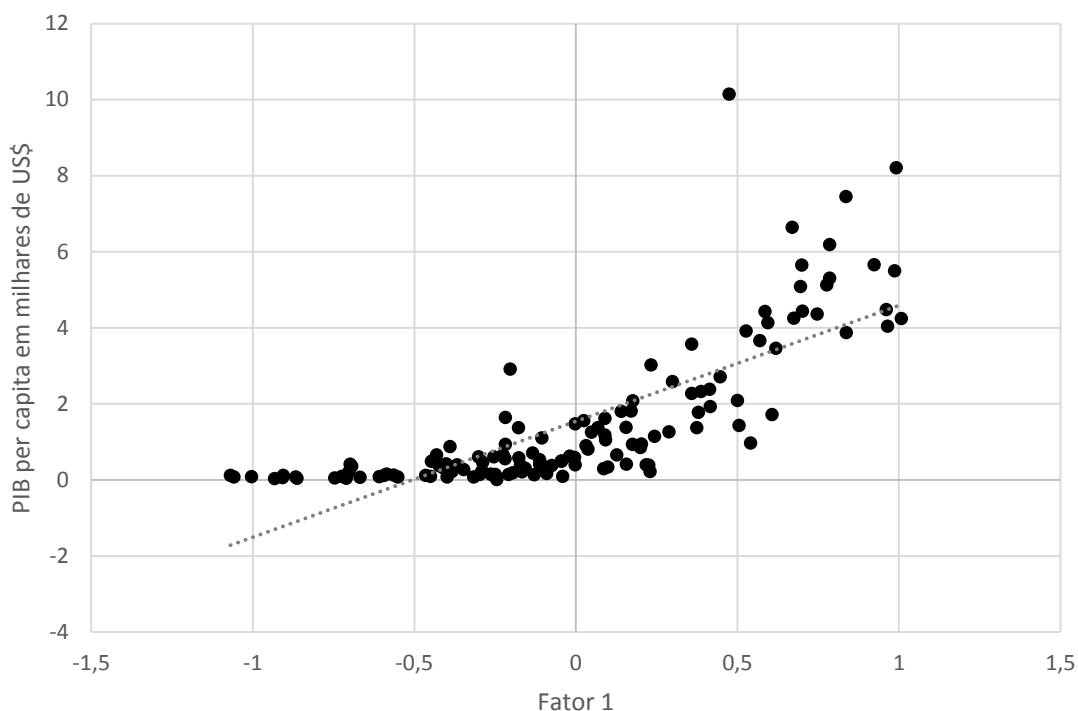


Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

A seguir, apresentamos a relação dos fatores apresentados com o PIB per capita. O primeiro fator está mais ligado à qualidade da educação, então espera-se que o

indicador acompanhe a medida de renda, com os países mais ricos tendo uma qualidade escolar melhor.

**GRÁFICO 12 – Relação entre o Fator 1 e o PIB per capita para Capital Humano, 2015**



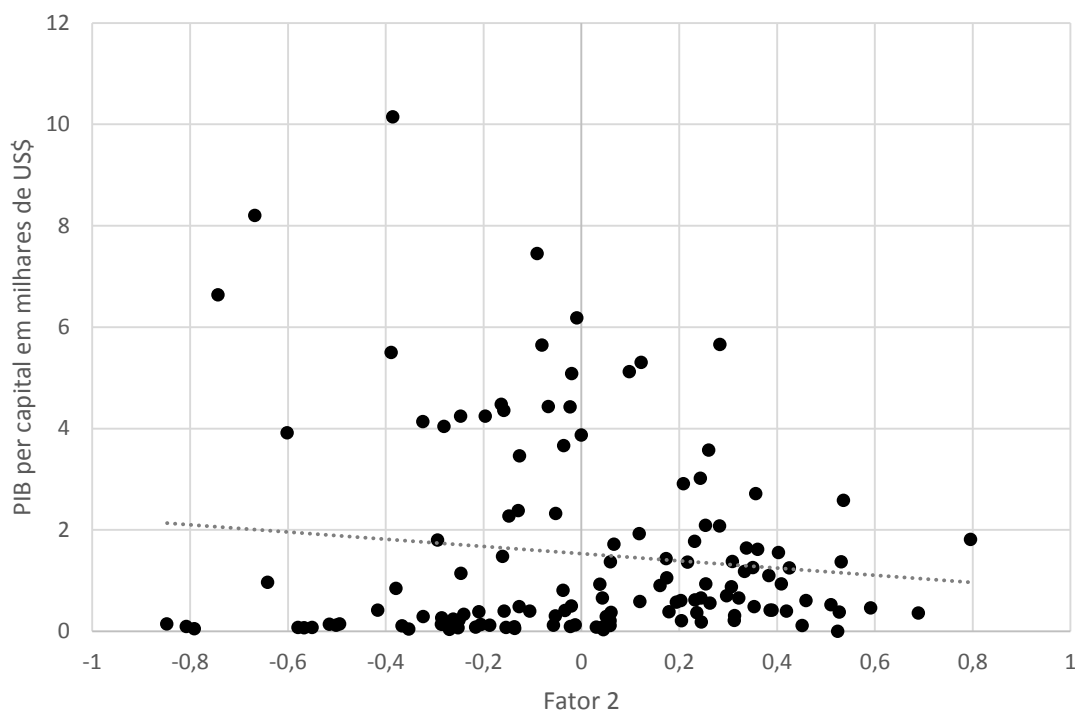
Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

Como podemos perceber pela disposição dos círculos e pela linha de tendência, os países de maior renda tendem a ter um valor maior do Fator 1. Encontra-se, então, o que é esperado, pois é entendimento pacífico que a renda influi positivamente na qualidade da educação do país e vice-versa.

O próximo gráfico é a relação entre o fator 2 e o PIB per capita. Podemos notar pela linha de tendência quase paralela, mas negativa, que a cobertura escolar não acompanha a renda. Existem duas possibilidades possíveis nesse caso. A primeira é que pela maioria dos países ter a cobertura grande, esse fator tem pouca influência na renda. A segunda é que apenas a cobertura grande não garante um nível de educação média satisfatório para a população. De qualquer maneira, é uma medida importante para nossa análise final.

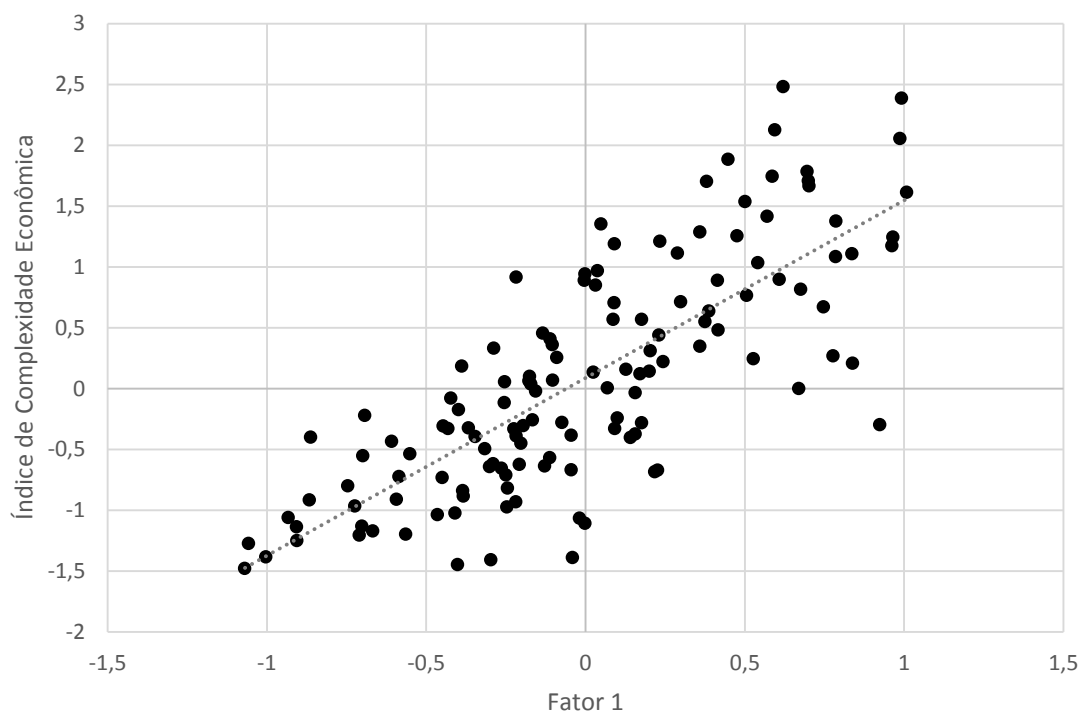


**GRÁFICO 13 – Relação entre o Fator 2 e o PIB per capita para Capital Humano, 2015**

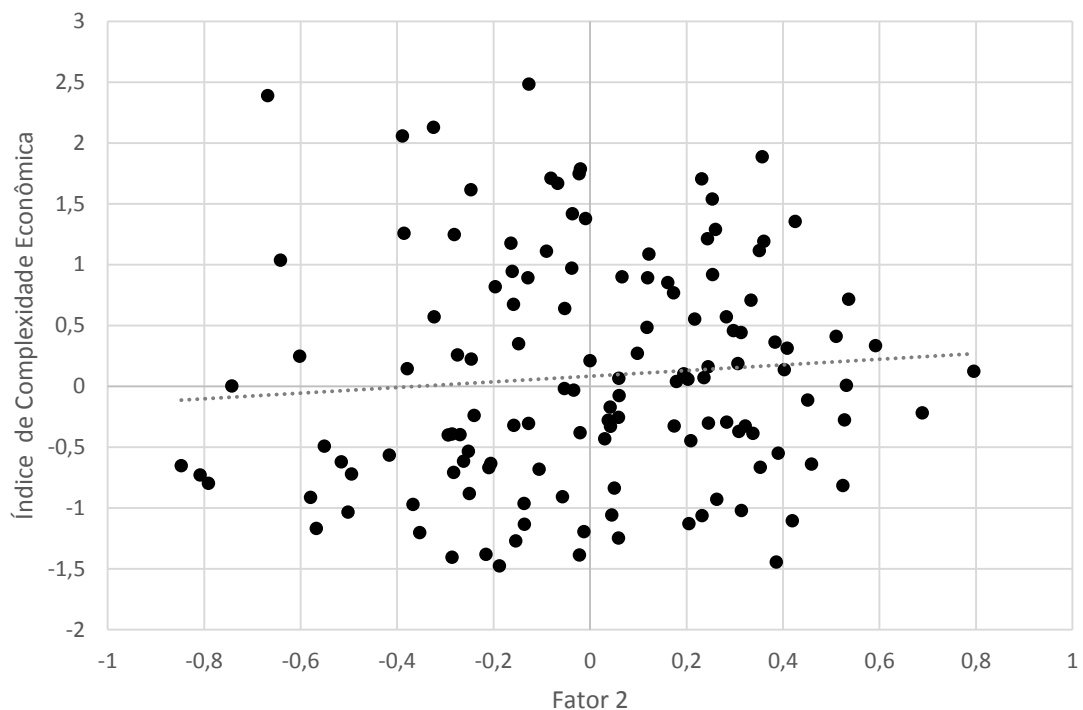


Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

A seguir, veremos a relação entre o Índice de Complexidade Econômica e os fatores propostos. Como podemos ver, o Fator 1 segue a tendência do ICE. Assim, os países que possuem uma qualidade da educação têm, em geral, complexidade econômica maior. O achado corrobora o que seria esperado, pois quanto maior o nível de conhecimento do país a tendência é que este possua um maior número de *capabilities*.

**GRÁFICO 14 – Relação entre o Fator 1 e o ICE para Capital Humano, 2015**

Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

**GRÁFICO 15 – Relação entre o Fator 2 e o ICE para Capital Humano, 2015**

Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

Quanto ao Fator 2, podemos perceber que, como aconteceu com a relação com a renda, a linha de tendência é mais aplainada. Nesse caso, entretanto, ela apresenta uma angulação ligeiramente positiva. Isso nos sugere que, apesar de não ser determinante, a amplitude do sistema de ensino pode influenciar na complexidade econômica de um país.

#### **4.1.2 Instituições e governo**

Na presente seção propomos medir características institucionais e de governo dos países através de uma Análise de Componentes Principais, resumindo informações de 17 variáveis de interesse retiradas da base de dados do WEF, quais sejam: 1) respeito à propriedade; 2) desvio de fundos públicos; 3) confiança da população nos políticos; 4) pagamentos irregulares e suborno; 5) independência do judiciário; 6) parcialidade das decisões oficiais; 7) desperdício de dinheiro público; 8) eficiência da justiça em resolver litígios; 9) eficiência regulatória; 10) transparência das políticas públicas; 11) confiança no serviço policial; 12) balanço do orçamento (% PIB); 13) poupança (%PIB); 14) inflação anual; 15) dívida pública (%PIB); 16) custo da política agrícola (%PIB); e 17) proteção de direitos.

Abaixo temos a tabela de correlação. Podemos perceber que em geral as variáveis são muito correlacionadas, como: confiança da população nos políticos e parcialidade das decisões oficiais (0,9514); eficiência da justiça em resolver litígios e eficiência regulatória (0,9453); desvio de fundos públicos e confiança da população nos políticos (0,9208); e desvio de fundos públicos e pagamentos irregulares e suborno (0,9095).

TABELA 9 – Matriz de Correlação das variáveis utilizadas nos fatores de Instituição e Governo, 2015

Indicador	Respeito à propr.	Desvio de fundos	Confiança nos políticos	Suborno	Independência do judiciário	Parcialidade das decisões	Desperdício de dinheiro	Eficiência da Justiça	Eficiência regulatória	Transparência das políticas	Confiança na polícia	Balço do orçamento	Poupança	Inflação anual	Dívida Pública	Custo da Política Agrícola	Proteção de direitos
<b>Respeito à propr.</b>	1																
<b>Desvio de fundos</b>	0,8788	1															
<b>Confiança nos políticos</b>	0,7864	0,9208	1														
<b>Suborno</b>	0,8956	0,9095	0,7800	1													
<b>Independência do judiciário</b>	0,9091	0,8920	0,7923	0,8622	1												
<b>Parcialidade das decisões</b>	0,8150	0,9444	0,9514	0,8210	0,8191	1											
<b>Desperdício de dinheiro</b>	0,6974	0,7909	0,8518	0,6820	0,6593	0,8188	1										
<b>Eficiência da Justiça</b>	0,8685	0,8738	0,8646	0,7910	0,8667	0,8603	0,7921	1									
<b>Eficiência regulatória</b>	0,9041	0,8757	0,8462	0,8129	0,9230	0,8529	0,7249	0,9453	1								
<b>Transparência das políticas</b>	0,8876	0,8528	0,8168	0,8521	0,8023	0,8327	0,7450	0,8627	0,8780	1							
<b>Confiança na polícia</b>	0,8463	0,8708	0,7694	0,8721	0,8240	0,8037	0,6952	0,7510	0,7882	0,7691	1						
<b>Balço do orçamento</b>	0,2876	0,3022	0,3227	0,2949	0,2803	0,2794	0,3441	0,2919	0,2990	0,2998	0,2691	1					
<b>Poupança</b>	0,3721	0,3754	0,4086	0,3550	0,3459	0,4124	0,4583	0,3658	0,3319	0,3255	0,3524	0,4442	1				
<b>Inflação anual</b>	-0,3577	-0,3094	-0,2354	-0,3236	-0,2855	-0,2822	-0,2777	-0,2682	-0,3003	-0,3456	-0,3824	-0,2848	-0,0553	1			
<b>Dívida Pública</b>	0,1675	0,1657	0,0266	0,1919	0,2109	0,1115	-0,1024	0,0554	0,1067	0,0661	0,2099	-0,3337	-0,2142	-0,1037	1		
<b>Custo da Política Agrícola</b>	0,6480	0,6813	0,6876	0,5812	0,6061	0,6743	0,6866	0,6593	0,6571	0,6803	0,5699	0,1805	0,3080	-0,2940	-0,0211	1	
<b>Proteção de direitos</b>	0,1628	0,1053	0,0457	0,1524	0,1578	0,0624	0,0272	0,1479	0,1681	0,2485	0,1394	0,0495	-0,1098	-0,1585	-0,0025	0,1612	1

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

Partindo para a Análise de Componentes Principais podemos notar que os três primeiros fatores possuem autovetor maior que um e com os dois primeiros já conseguimos capturar mais de 70% da variância do sistema. Como o intuito da ACP nesse trabalho é diminuir o número de variáveis condensando-as, utilizaremos o último critério, ficando com os dois primeiros fatores.

**TABELA 10 – Fatores estimados para Instituições e Governo, 2015**

<b>Fator</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Diferença</b>	<b>Proporção</b>	<b>Acumulado</b>
<b>Fator 1</b>	10,31738	8,69020	0,6069	0,6069
<b>Fator 2</b>	1,62719	0,45914	0,0957	0,7026
<b>Fator 3</b>	1,16805	0,24620	0,0687	0,7713
<b>Fator 4</b>	0,92184	0,21239	0,0542	0,8256
<b>Fator 5</b>	0,70945	0,16857	0,0417	0,8673
<b>Fator 6</b>	0,54089	0,16417	0,0318	0,8991
<b>Fator 7</b>	0,37672	0,02994	0,0222	0,9213
<b>Fator 8</b>	0,34678	0,05461	0,0204	0,9417
<b>Fator 9</b>	0,29217	0,09748	0,0172	0,9589
<b>Fator 10</b>	0,19469	0,02004	0,0115	0,9703
<b>Fator 11</b>	0,17465	0,06596	0,0103	0,9806
<b>Fator 12</b>	0,10869	0,03939	0,0064	0,9870
<b>Fator 13</b>	0,06930	0,01246	0,0041	0,9910
<b>Fator 14</b>	0,05683	0,01695	0,0033	0,9944
<b>Fator 15</b>	0,03988	0,00745	0,0023	0,9967
<b>Fator 16</b>	0,03243	0,00936	0,0019	0,9986
<b>Fator 17</b>	0,02307	-	0,0014	1,00000

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

O primeiro fator possui muito das seguintes variáveis: desvio de fundos públicos (0,9636); eficiência regulatória (0,9374); parcialidade das decisões oficiais (0,9357); respeito à propriedade (0,9348); eficiência da justiça em resolver litígios (0,9297); confiança da população nos políticos (0,9225); transparência das políticas públicas (0,9182); independência do judiciário (0,9162); pagamentos irregulares e suborno (0,9094); confiança no serviço policial (0,8832); e desperdício de dinheiro público (0,8412). Devido à grande de variáveis e suas características, o fator será resumido como Aspectos Institucionais. A lista dos maiores níveis para esse fator é encabeçada pelo Qatar (2,4605) e seguida por Singapura (2,4384) e Nova Zelândia (2,3381). Do outro lado da tabela temos Guiné (-1,5220), Argentina (-1,6191) e Venezuela (-2,8796).

O segundo fator possui principalmente dívida pública (0,8002) e o balanço do orçamento (-0,6525), sendo denominado nesse trabalho de Contas Públicas. Os maiores níveis nesse fator ficaram com países que possuem grande dívida pública e/ou grande déficit orçamentário, como Japão (3,6293), Líbano (2,1476) e Grécia (2,1016). Os menores resultados ficaram com os países do oriente médio, com os Emirados Árabes Unidos (-1,9069), Qatar (-3,2040) e Kuwait (-4,2202).

**TABELA 11 – Composição dos fatores de Instituições e Governo, 2015**

	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
<b>Respeito à propr.</b>	0,9348	0,1144
<b>Desvio de fundos</b>	0,9636	0,0716
<b>Confiança nos políticos</b>	0,9225	-0,0811
<b>Suborno</b>	0,9094	0,1255
<b>Independência do judiciário</b>	0,9162	0,1470
<b>Parcialidade das decisões</b>	0,9357	0,0005
<b>Desperdício de dinheiro</b>	0,8412	-0,2319
<b>Eficiência da Justiça</b>	0,9297	0,0091
<b>Eficiência regulatória</b>	0,9374	0,0738
<b>Transparência das políticas</b>	0,9182	0,0530
<b>Confiança na polícia</b>	0,8832	0,1332
<b>Balanço do orçamento</b>	0,3658	-0,6525
<b>Poupança</b>	0,4434	-0,6027
<b>Inflação anual</b>	-0,3724	-0,0671
<b>Dívida Pública</b>	0,0998	0,8002
<b>Custo da Política Agrícola</b>	0,7385	-0,0446
<b>Proteção de direitos</b>	0,1560	0,2222

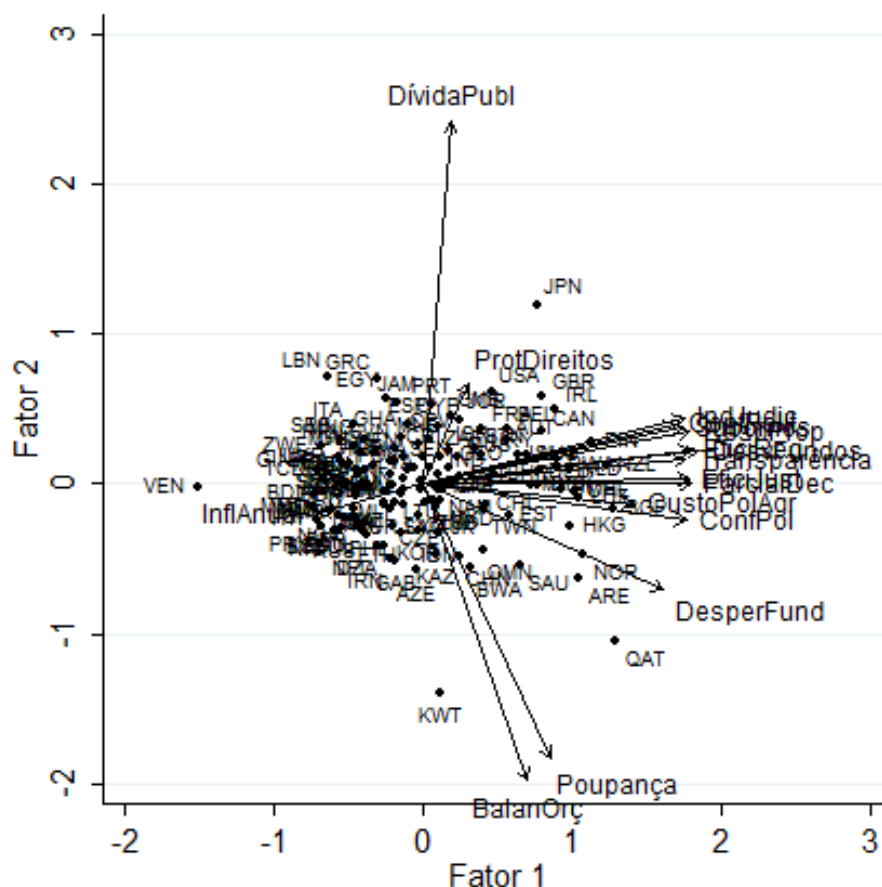
Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

A seguir apresentaremos um gráfico que resume as informações até então apresentadas. Como podemos ver, para o Fator 1 quase todos os vetores são positivos, sendo todos direcionados para a direita. A exceção é a inflação, que aparece à esquerda. Podemos ver claramente que a Venezuela (VEN), que possui o menor índice para esse fator, aparece à esquerda, enquanto do outro lado podemos ver claramente o Qatar (QAT). Os demais, pelo volume de informação do gráfico, não ficam tão claros.

Quanto ao Fator 2, podemos ver claramente o vetor da Dívida Pública se destacando com valor positivo e grade. Com valor negativo se destacam o

balanço orçamentário, a poupança e o desperdício de dinheiro. Podemos ver que se posicionam acima dos outros no gráfico Japão (JPN), Líbano (LBN) e Grécia (GRC), enquanto na parte de baixo vemos o Kuwait (KWT) e o Qatar (QAT).

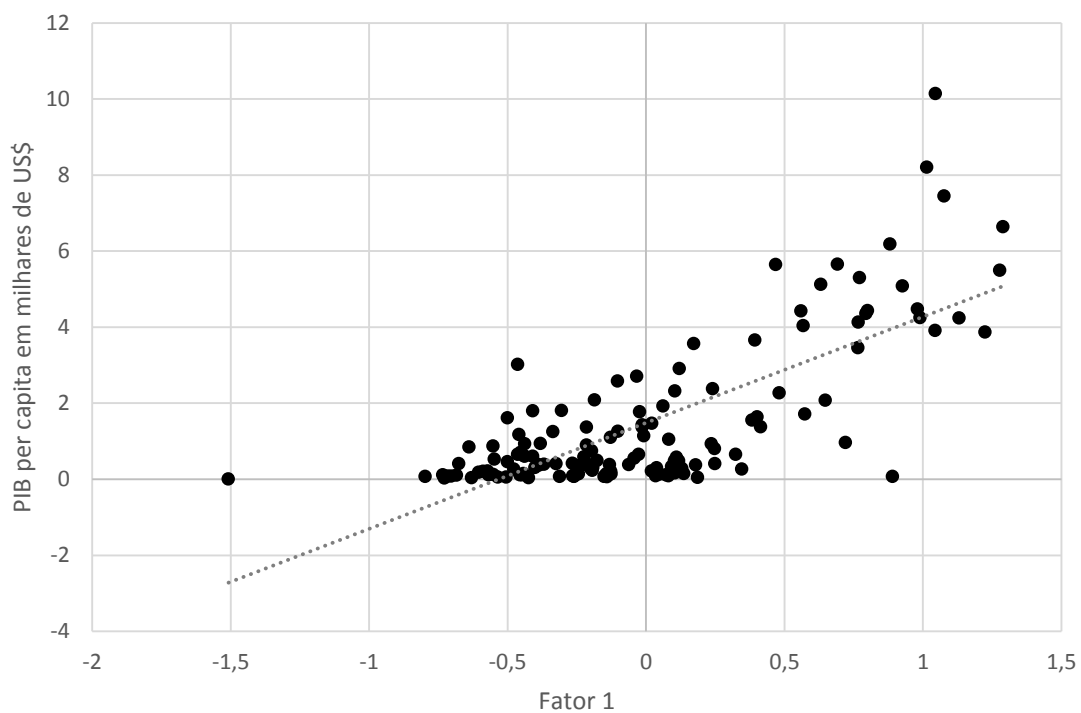
**GRÁFICO 16 – Fatores Principais para Instituições e Governo, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

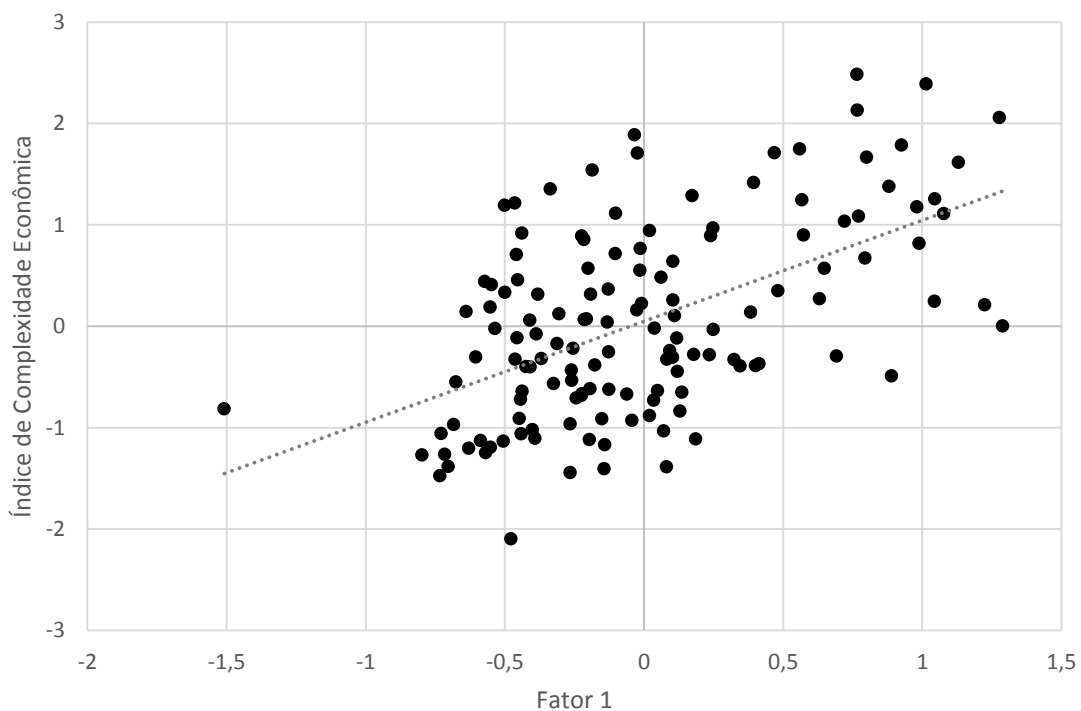
Abaixo temos um gráfico que nos mostra a relação do Fator 1 com o PIB per capita dos países. Fica claro pela linha de tendência que os dois caminham juntos. Os países com as maiores rendas per capita possuem melhores níveis do que convencionamos chamar de Aspectos Institucionais. É o que se esperava, melhores instituições influenciando positivamente a renda e vice-versa.

**GRÁFICO 17 – Relação entre o Fator 1 e o PIB per capita para Instituições e Governo, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

**GRÁFICO 18 – Relação entre o Fator 1 e o ICE para Instituições e Governo, 2015**



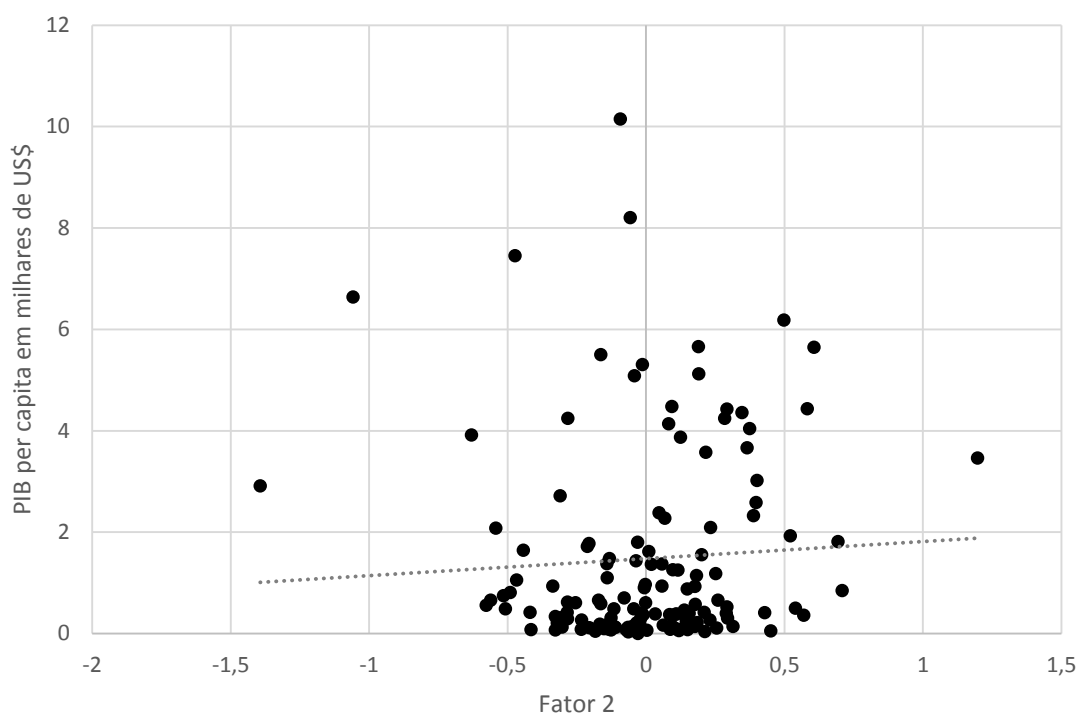
Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO



A representação acima relaciona Fator 1 ao Índice de Complexidade Econômica. Como podemos ver pela distribuição dos círculos e pela linha de tendência, os Aspectos Institucionais e o ICE caminham juntos. Esse era o resultado esperado, pois o Índice de Complexidade Econômica, apesar de poder ser simplificado como medida de conhecimento técnico, também mede outras variáveis como instituições.

O gráfico abaixo nos mostra a relação entre o Fator 2, que convencionamos chamar de Contas Públicas, e o PIB per capita. A relação é bem menos marcante que a do Fator 1 com o mesmo indicador, mas podemos ver uma ligeira tendência positiva. Podemos concluir que elas não se influenciam fortemente.

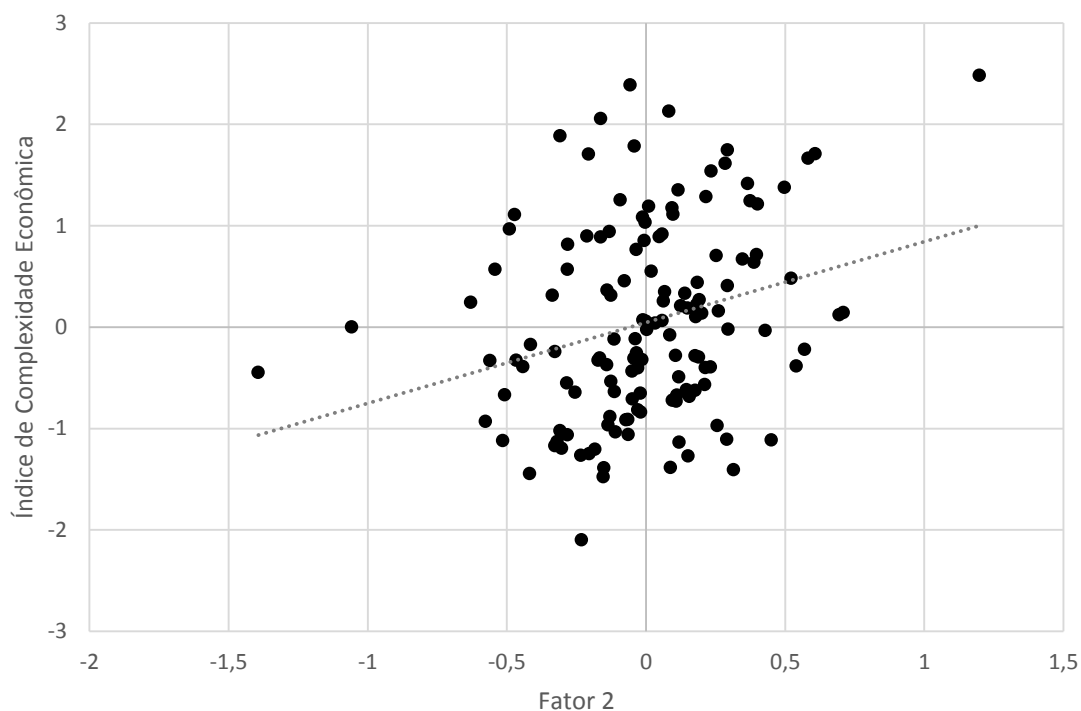
**GRÁFICO 19 – Relação entre o Fator 2 e o PIB per capita para Instituições e Governo, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

Como podemos ver a seguir, o fator chamado de Contas Públicas também se relaciona positivamente com o ICE. Mais uma vez, a linha de tendência não é muito inclinada, mas dessa vez fica mais clara a associação. Assim, o que podemos inferir é que nosso fator de Contas Públicas segue, embora fracamente, a complexidade do país.

**GRÁFICO 20 – Relação entre o Fator 2 e o ICE para Instituições e Governo, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

#### 4.1.3 Infraestrutura e tecnologia

Novamente utilizamos a Análise de Componentes Principais para criar fatores que condensem um conjunto de variáveis. No presente caso procuramos obter informações sobre aspectos estruturais do país, o que engloba infraestrutura, acesso a serviços e características dos sistemas nacionais de inovação.

Foram utilizadas 20 variáveis retiradas da base de dados do WEF, quais sejam: 1) qualidade da infraestrutura em geral; 2) qualidade das estradas; 3) qualidade dos portos; 4) qualidade do transporte aéreo; 5) disponibilidade de assentos aéreos; 6) qualidade do serviço de energia elétrica; 7) linhas de telefone fixo (por 100 habitantes); 8) linhas de telefone celular (por 100 habitantes); 9) capacidade de inovação; 10) qualidade das instituições de pesquisa; 11) dispêndio em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pelas empresas; 12) colaboração entre universidades e empresas em P&D; 13) procura do governo por produtos de alta tecnologia; 14)

disponibilidade de engenheiros e cientistas; e 15) patente (por milhão de habitantes).

TABELA 12 – Matriz de Correlação das variáveis utilizadas nos fatores de Infraestrutura e Tecnologia, 2015

Indicador	Qualidade da infraestrutura	Qualidade das estradas	Qualidade dos portos	Qualidade do transp. aéreo	Disp. de assentos aéreos	Qual. energia elétrica	Linhas de telefone fixo	Linhas de telefone celular	Capacidade de inovação	Qual. instituições de pesquisa	Disp. em P&D pelas empresas	Colab. entre uni. e empresas	Tecnologia de ponta governo	Engenheiros e cientistas	Patentes
Qualidade da infraestrutura	1,0000														
Qualidade das estradas	0,9184	1,0000													
Qualidade dos portos	0,7976	0,7773	1,0000												
Qualidade do transp. aéreo	0,8651	0,8148	0,8534	1,0000											
Disp. de assentos aéreos	0,2915	0,2947	0,2792	0,3195	1,0000										
Qual. energia elétrica	0,8753	0,7531	0,6750	0,7555	0,2545	1,0000									
Linhas de telefone fixo	0,6984	0,5867	0,5827	0,6295	0,2628	0,7117	1,0000								
Linhas de telefone celular	0,4492	0,3381	0,4119	0,4248	0,0249	0,4904	0,3582	1,0000							
Capacidade de inovação	0,7420	0,6731	0,6577	0,7368	0,3520	0,6302	0,5612	0,2805	1,0000						
Qual. instituições de pesquisa	0,8040	0,7160	0,7092	0,7561	0,3572	0,7327	0,7140	0,3285	0,8836	1,0000					
Disp. em P&D pelas empresas	0,7682	0,7048	0,6491	0,7209	0,3903	0,6594	0,5882	0,2534	0,9387	0,8997	1,0000				
Colab. entre uni. e empresas	0,7869	0,7205	0,7060	0,7695	0,3787	0,7201	0,6392	0,3007	0,8587	0,9226	0,8946	1,0000			
Tecnologia de ponta governo	0,6322	0,6095	0,5270	0,5968	0,2852	0,4811	0,2415	0,2317	0,6210	0,5500	0,6855	0,5922	1,0000		
Engenheiros e cientistas	0,6995	0,6358	0,6208	0,6954	0,3464	0,6371	0,5616	0,2379	0,7343	0,8084	0,7507	0,7289	0,5527	1,0000	
Patentes	0,6113	0,5446	0,4780	0,5258	0,2630	0,5286	0,5789	0,1284	0,7172	0,7093	0,7813	0,6804	0,3518	0,5606	1,0000

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

A tabela de correlação mostra alta correlação entre a maioria das variáveis, atendendo ao requisito da ACP. Pela tabela de variância acumulada, que segue abaixo, podemos perceber que o primeiro fator representa mais de 64% da variância do sistema. O acumulado dos dois primeiros tem mais de 72% da variância, sendo o suficiente para o propósito do presente trabalho. Podemos notar apenas os dois primeiros apresentam autovalor maior que um, o que corrobora a escolha feita.

**TABELA 13 – Fatores estimados para Infraestrutura e Tecnologia, 2015**

<b>Fator</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Diferença</b>	<b>Proporção</b>	<b>Acumulado</b>
<b>Fator 1</b>	9,6387	8,3900	0,6426	0,6426
<b>Fator 2</b>	1,2487	0,3668	0,0832	0,7258
<b>Fator 3</b>	0,8819	0,0953	0,0588	0,7846
<b>Fator 4</b>	0,7866	0,1869	0,0524	0,8371
<b>Fator 5</b>	0,5997	0,1929	0,0400	0,8770
<b>Fator 6</b>	0,4069	0,0348	0,0271	0,9042
<b>Fator 7</b>	0,3720	0,1018	0,0248	0,9290
<b>Fator 8</b>	0,2702	0,0307	0,0180	0,9470
<b>Fator 9</b>	0,2395	0,0695	0,0160	0,9629
<b>Fator 10</b>	0,1700	0,0272	0,0113	0,9743
<b>Fator 11</b>	0,1428	0,0271	0,0095	0,9838
<b>Fator 12</b>	0,1157	0,0616	0,0077	0,9915
<b>Fator 13</b>	0,0541	0,0156	0,0036	0,9951
<b>Fator 14</b>	0,0385	0,0035	0,0026	0,9977
<b>Fator 15</b>	0,0349	-	0,0023	1,0000

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

Como podemos inferir da tabela a seguir, o primeiro fator é composto principalmente por variáveis como: a) qualidade da infraestrutura em geral (0,2999); b) qualidade das instituições e pesquisa (0,2998); e c) colaboração entre universidades e empresas em P&D (0,2946). Apesar de possuir muito de variáveis ligadas à tecnologia, este fator também é fortemente influenciado pela infraestrutura, motivo pelo qual o denominaremos Infraestrutura e Pesquisa. Os maiores índices ficaram com Estados Unidos (1,2562), Suíça (1,1845) e Finlândia (1,0979), enquanto os menores ficaram com Chade (-0,8464), Haiti (-0,8773) e Guiné (-0,9175).

**TABELA 14 – Composição dos fatores de Infraestrutura e Tecnologia, 2015**

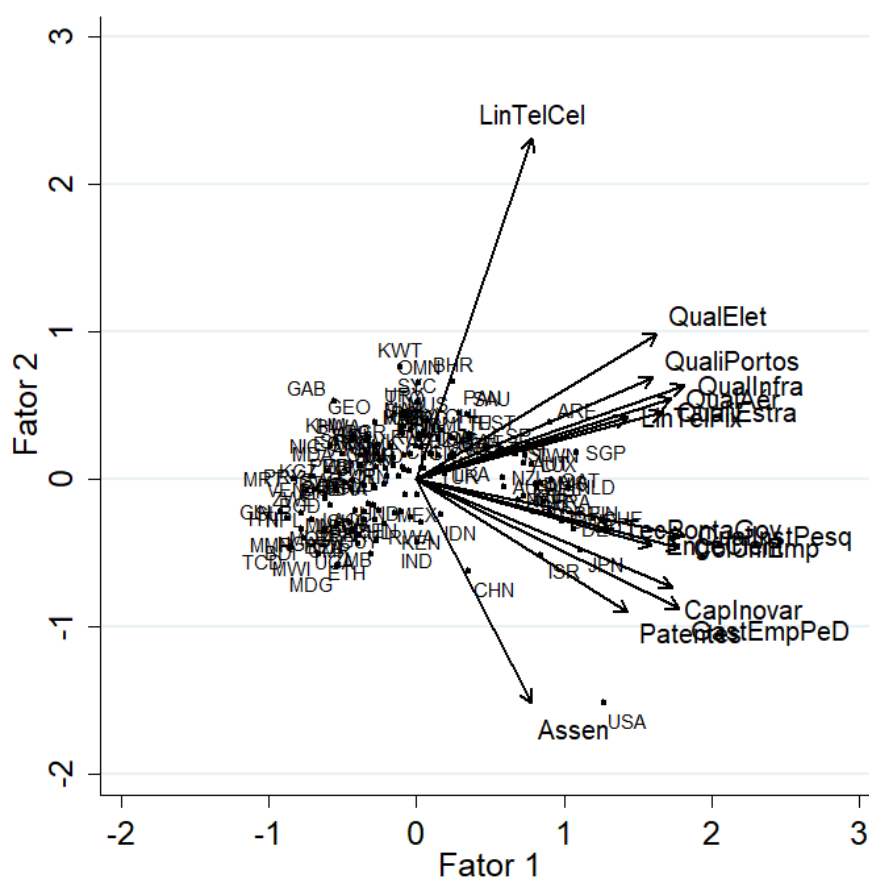
<b>Variável</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
Qualidade da infraestrutura	0,2999	0,1818
Qualidade das estradas	0,2773	0,1371
Qualidade dos portos	0,2663	0,2001
Qualidade do transp. aéreo	0,2866	0,1622
Disp. de assentos aéreos	0,1294	-0,3820
Qual. energia elétrica	0,2705	0,2646
Linhas de telefone fixo	0,2377	0,1468
Linhas de telefone celular	0,1349	0,6286
Capacidade de inovação	0,2861	-0,2139
Qual. instituições de pesquisa	0,2998	-0,1177
Disp. em P&D pelas empresas	0,2938	-0,2549
Colab. entre uni. e empresas	0,2946	-0,1346
Tecnologia de ponta governo	0,2167	-0,1024
Engenheiros e cientistas	0,2630	-0,1377
Patentes	0,2334	-0,2775

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum e UNESCO

No segundo fator todos os fatores ligados à tecnologia são negativos, a saber: a) Patentes (-0,2775); b) dispêndio em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) pelas empresas (-0,2549); c) capacidade de inovação (-0,2139); d) disponibilidade de engenheiros e cientistas (-0,1377); e) colaboração entre universidades e empresas em P&D (-0,1346); f) qualidade das instituições de pesquisa (-0,1177); e g) procura do governo por produtos de alta tecnologia (0,1024). Assim, quanto menor o número, maiores serão as variáveis de tecnologia. O chamaremos, portanto, de Dificuldade de Acesso à Tecnologia. Enquanto Estados Unidos (-1,4363), China (-0,5856) e Israel (-0,5754) têm o melhor índice desse fator, Barém (0,6331), Omã (-0,6342) e Kuwait (0,7248) têm os piores.

Como podemos ver pelo gráfico abaixo, todas as variáveis têm o vetor positivo para o Fator 1. Para o Fator 2, as de tecnologia e a disponibilidade de assentos possuem negativo, enquanto as de infraestrutura são levemente positivas. Quanto à localização dos países, podemos ver que os Estados Unidos (USA) se destaca no setor sudeste do gráfico, com o Fator 1 fortemente positivo e o Fator 2 fortemente negativo. Podemos também notar o forte valor negativo da China (CHN) e de Israel (ISR) para o Fator 2, além do forte positivo do Kuwait.

GRÁFICO 21 – Fatores Principais para Infraestrutura e Tecnologia, 2015

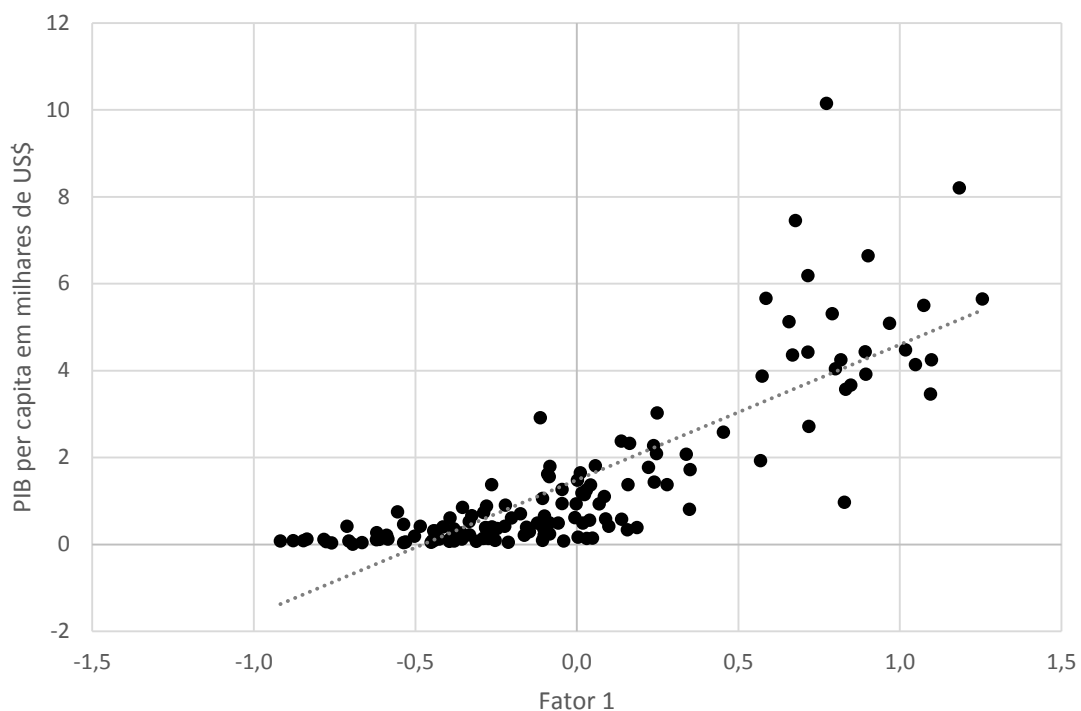


Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

A seguir, iremos analisar a relação entre o Fator 1 e o PIB per capita. Como podemos esperar, existe uma relação positiva entre Infraestrutura e Pesquisa e o PIB per capita dos países. Podemos observar tanto pelo fato de que todos os países com renda próxima a \$40.000,00 dólares estão bem a nordeste do gráfico abaixo. Além disso, os países que estão com a renda mais próxima de zero estão concentrados a sudoeste.

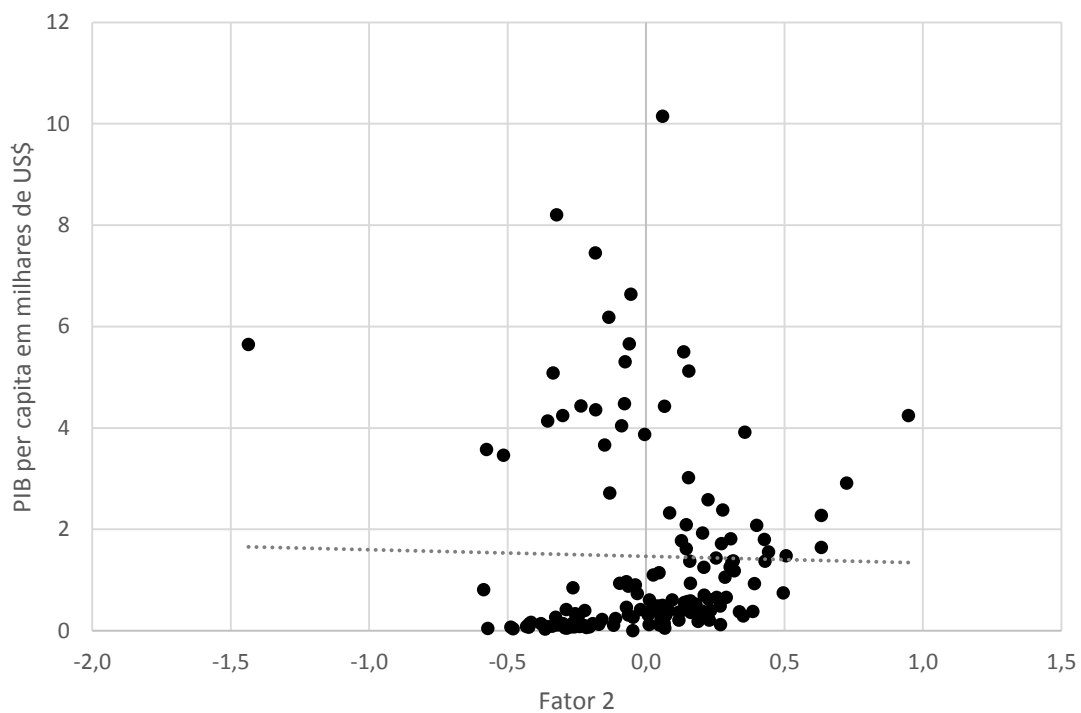
Quanto ao Fator 2, não há clara relação desse com o PIB. Como podemos ver no gráfico 23, a linha de tendência é levemente inclinada negativamente. O viés negativo é o esperado, já que ele indica a Dificuldade de Acesso à Tecnologia de um país. Podemos ver, no entanto, que a relação não é tão forte quanto a com o que convencionalmente chamamos de Infraestrutura e Pesquisa.

**GRÁFICO 22 – Relação entre o Fator 1 e o PIB para Infraestrutura e Tecnologia, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

**GRÁFICO 23 – Relação entre o Fator 2 e o PIB para Infraestrutura e Tecnologia, 2015**

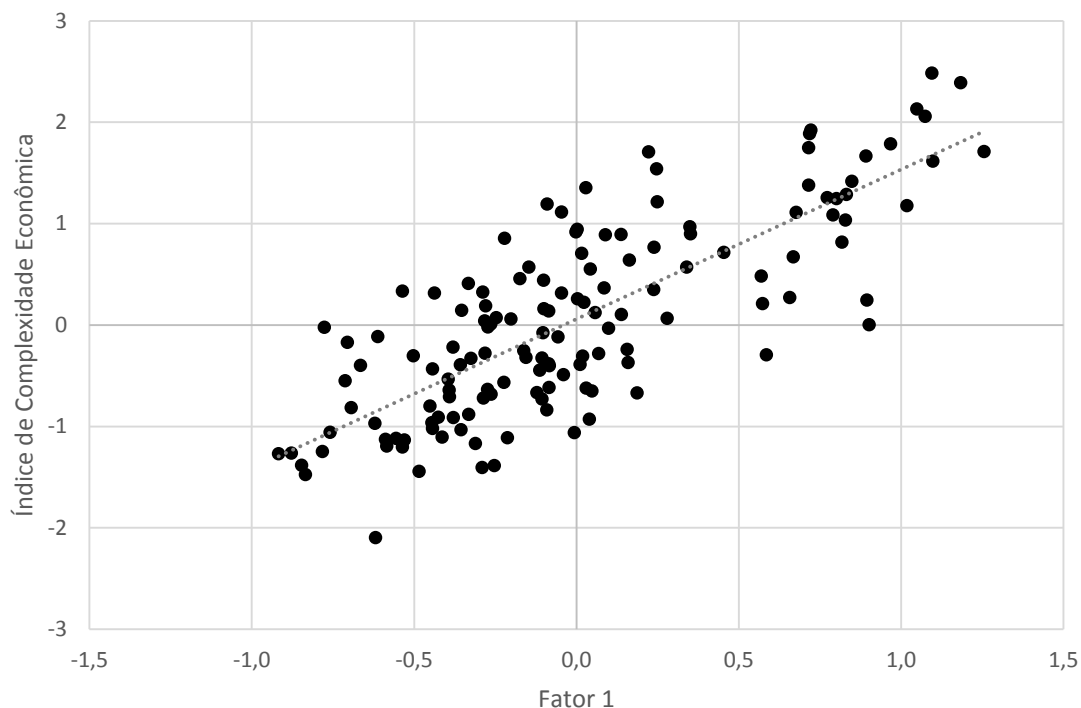


Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO



A seguir, podemos verificar pela linha de tendência que a Infraestrutura e Pesquisa estão relacionadas positivamente com o Índice de Complexidade Econômica. Faz sentido pensar que uma melhor infraestrutura e pesquisa de qualidade contribuem ou são produtos do acúmulo de *capabilities*.

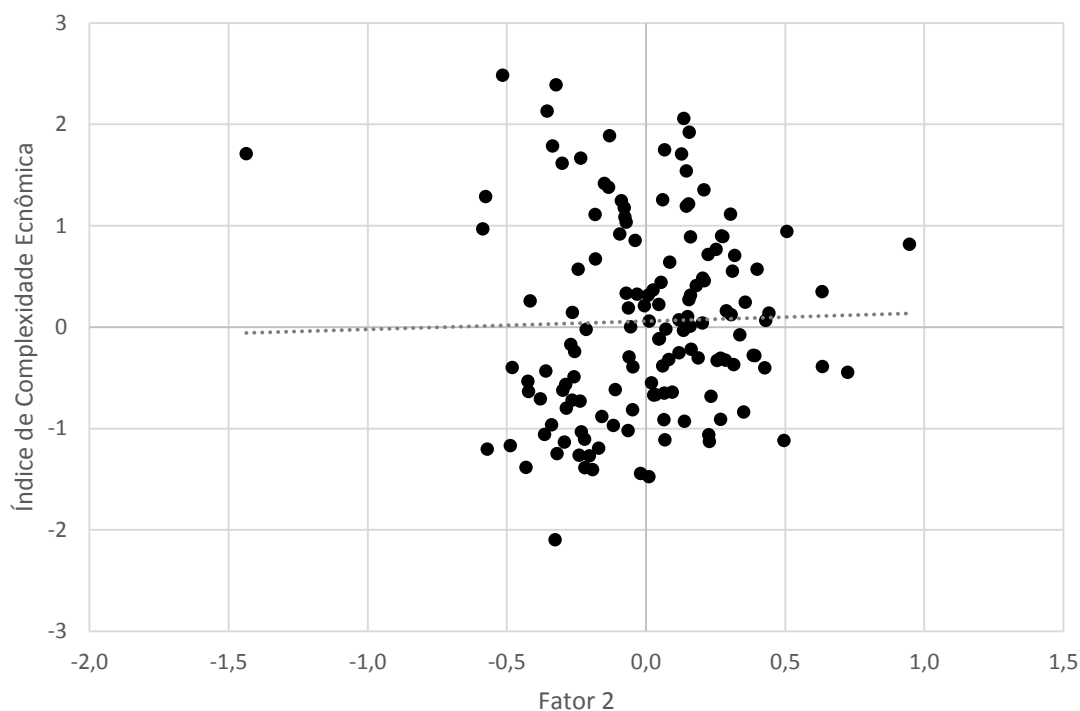
**GRÁFICO 24 – Relação entre o Fator 1 e o ICE para Infraestrutura e Tecnologia, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

Como podemos ver pela representação gráfica, a linha de tendência entre o ICE e a Dificuldade de Acesso à Tecnologia é ligeiramente positiva. O resultado é contra intuitivo, pois o esperado seria que países com menos acesso à tecnologia teriam menos formas de desenvolver novas *capabilities*. Como o fator envolve outras variáveis e é quase plano, no entanto, continua útil a nossa análise.

**GRÁFICO 25 – Relação entre o Fator 2 e o ICE para Infraestrutura e Tecnologia, 2015**



Fonte: Elaboração própria com dados de World Economic Forum e UNESCO

#### 4.1.4 Resultados das ACPs

Como a estrutura econômica de um país é reflexo de um número muito grande de variáveis, captar todos os seus aspectos não é realista. Para conseguir captar uma gama considerável dessas características utilizamos nesse trabalho três análises de componentes principais para chegar a indicadores agregados que pudessem corresponder a características importantes dos países.

Com o exercício conseguimos tornar um grande número de informações em alguns indicadores mais palatáveis. Nesse sentido, obtivemos fatores que conseguem condensar um grande número de variáveis. Conseguiremos agregar a nossa discussão, portanto, características referentes ao capital humano, instituições, governos, infraestrutura e tecnologia dos países estudados.

Os fatores encontrados se mostraram, em geral, coerentes com o que se esperaria encontrar. O fator que chamamos de Qualidade Escolar mostrou uma

relação já conhecida entre renda e educação, ficando os países mais desenvolvidos com maior índice e maior ICE, enquanto países mais pobres obtiveram resultados piores. O fator chamado Alcance do Sistema Escolar, no entanto, não obteve resultados tão claros, mostrando que apenas o acesso à educação não esteja relacionado à renda dos países.

Quanto às instituições e governo, podemos perceber que o que chamamos de Aspectos Institucionais guardam forte relação com a renda e com a complexidade do país. As Contas Públicas, por sua vez, não têm uma relação tão forte com o PIB, mas curiosamente têm uma relação mais clara com a complexidade econômica. Por fim, como é de se esperar, Infraestrutura e Pesquisa tiveram relação positiva com o PIB e o ICE, enquanto a Dificuldade de Acesso à Tecnologia, por sua vez, teve relação inversa.

Esses indicadores criados, esperamos, nos ajudam a captar características dos países que serão importantes para a definição das probabilidades de exportação de cada produto por determinado país. Assim, com esse grande espectro de informações, podemos esperar que nossa regressão represente de forma mais fiel as estruturas dos países estudados.

#### **4.2 Probabilidades preditas (Probit)**

Tendo calculados os fatores e coletado as demais variáveis, passamos para nossa regressão. Como mencionado, estamos interessados em encontrar a probabilidade de exportação para cada par país/produto. Assim, utilizaremos uma Probit cuja variável binária a ser explicada será a exportação com VCR.

Como mencionamos antes, os trabalhos anteriores geralmente estão interessados nos coeficientes advindos dessa regressão, pois eles explicariam, por exemplo, quais os fatores que levariam à exportação (WAGNER, 2008) ou qual fator específico aumentaria a chance de um país ou indústria exportar (NGUYEN, 2008).

Nesse trabalho, no entanto, o que nos interessa é a probabilidade predita de exportação, pois com ela conseguiremos identificar: a) quais produtos que não

exportamos com VCR a estrutura do Brasil está mais apta a desenvolver; e b) quais os produtos que não exportamos com VCR para os quais o Brasil tem condições mais parecidas com países que exportam (usando o PSM).

Nesse sentido, foi realizado a Probit utilizando como variáveis explicativas para a exportação com VCR maior que um: 1) Distância; 2) Índice de Complexidade Econômica; 3) Índice de Complexidade do Produto; 4) Participação nas exportações de produtos de alta tecnologia; 5) Participação nas exportações de produtos de média tecnologia; 6) PRODY; 7) Abertura Comercial; 8) Qualidade Escolar; 9) Alcance do Sistema Escolar; 10) Aspectos Institucionais; 11) Contas Públicas; 12) Infraestrutura e Pesquisa; e 13) Dificuldade de Acesso à Tecnologia.

Assim, chegamos a seguinte equação, onde: “VCR” é a probabilidade predita do produto para o país ser exportado com VCR maior que um; “ $X_1$ ” é a Distância; “ $X_2$ ” o Índice de Complexidade Econômica; “ $X_3$ ” o Índice de Complexidade do Produto; e assim em diante, de acordo com a numeração do parágrafo acima.

$$VCR = \alpha X_1 + \beta X_2 + \theta X_3 \dots$$

(33)

Abaixo segue tabela resumo dos coeficientes, erro padrão e significância para as variáveis da equação.

**TABELA 15 – Regressão Probit, 2015**

VCR	Coefficiente	Erro Padrão	z	P> z
<b>Distância</b>	-8,061398	0,055921	-144,16	0,000
<b>ICE</b>	-0,187774	0,011435	-16,42	0,000
<b>ICP</b>	-0,103664	0,004546	-22,8	0,000
<b>Alta Tecnologia</b>	0,166899	0,044452	3,75	0,000
<b>Média Tecnologia</b>	-0,771795	0,037982	-20,32	0,000
<b>PRODY</b>	-6,38E-02	1,33E-01	-0,48	0,631
<b>Abertura</b>	0,288734	0,021763	13,27	0,000
<b>Qualidade do Ensino</b>	0,020591	0,010141	2,03	0,042
<b>Alcance do Sistema de Escolar</b>	-0,037022	0,006143	-6,03	0,000
<b>Aspectos Institucionais</b>	0,129893	0,011780	11,03	0,000
<b>Contas Públicas</b>	-0,024885	0,005140	-4,84	0,000
<b>Infraestrutura e Pesquisa</b>	-0,950399	0,037362	-25,44	0,000
<b>Dificuldade de Acesso a Tecno</b>	0,065635	0,016445	3,99	0,000
<b>Constante</b>	5,635256	0,048068	117,24	0,000

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum, UNESCO e Atlas da complexidade econômica

Podemos notar que apenas uma das variáveis apresentadas não foi significativa, a PRODY. Assim, ela não é útil para explicar a probabilidade de um país exportar certo produto.

A Distância, que representa quão longe da estrutura produtiva do país o produto está, tem sinal negativo. Isso se deve ao fato de quanto maior ela for, menos provável será que o país produza tal produto com VCR, pois menos do conhecimento necessário para sua produção está presente na estrutura produtiva em questão. Seu coeficiente é o maior entre os encontrados, mostrando que tem grande impacto relevante na probabilidade predita.

O Índice de Complexidade Econômica e o Índice de Complexidade do Produto têm coeficiente negativo. Isso se deve pelo fato de os produtos menos complexos serem mais fáceis de serem produzidos e os países mais complexos produzirem bens mais sofisticados. Assim, quanto maior a complexidade do produto, menor a probabilidade predita, pois mais difícil é a que o país possua as *capabilities* necessárias para sua produção. Do mesmo modo, quanto maior a complexidade do país, mais produtos sofisticados ele produz e menos produtos simples, que são a maioria.

De forma análoga, quanto mais produtos de média tecnologia na pauta de um país, mais sofisticada é sua produção. Assim, para a maioria dos produtos, que são pouco sofisticados, a chance de exportá-lo com VCR é menor para países mais sofisticados. Por essa razão, as variáveis de produtos de Média Tecnologia e de Infraestrutura e Pesquisa possuem sinal negativo. Podemos utilizar o raciocínio reverso para o sinal da Dificuldade de Acesso a Tecnologia. Esta possui coeficiente positivo porque a maioria dos produtos são pouco sofisticados, sendo, para eles, positiva a correlação com a probabilidade de exportação.

Interessante notar que a fatia de produtos de Alta Tecnologia tem o sinal positivo, indo na contramão do esperado se tomarmos como base os resultados até agora debatidos. Isso pode se dever ao fato de que geralmente os países que exportam produtos com alto teor tecnológico são os mais complexos, portanto exportam uma pauta diversa que inclui uma variedade de produtos com menos sofisticados.

Podemos notar que a Abertura Comercial influi positivamente na chance de o produto ser exportado com VCR. Assim, países que transacionam volumes maiores de produtos em relação ao seu PIB têm maior chance de exportar produtos com vantagem comparativa. Como o VCR é calculado como uma fatia de exportação de um país comparada a fatia da média do mundo, esta descoberta não replica o mero fato de um país exportar maior percentual de sua produção total.

O fator de Aspectos Institucionais possui um alto coeficiente positivo, enquanto efeito do fator de Qualidade Escolar, também positivo, é mais modesto. Nesse sentido, influenciam positivamente na chance de exportação de um produto por um país elementos como a qualidade da educação primária, o acesso à internet nas escolas, o cuidado com a coisa pública e a eficiência da regulação do Estado.

A seguir, apresentaremos a tabela dos coeficientes marginais das variáveis. Como podemos verificar, a exportação com VCR é mais sensível à distância e a variável de infraestrutura e pesquisa. Podemos notar que a PRODY possui coeficiente na margem muito pequeno, provavelmente porque é o único que possui valores relativamente altos. Ela, no entanto, não é significativa.

**TABELA 16 – Coeficientes Marginais, 2015**

	dy/dx	Erro Padrão	z	P> z
<b>Distância</b>	-1,333227	0,010184	-130,91	0,000
<b>ICE</b>	-0,031056	0,001901	-16,34	0,000
<b>ICP</b>	-0,017145	0,000743	-23,08	0,000
<b>Alta Tecnologia</b>	0,027603	0,007348	3,76	0,000
<b>Média Tecnologia</b>	-0,127646	0,006256	-20,4	0,000
<b>PRODY</b>	-2,50E-09	5,22E-09	-0,48	0,631
<b>Abertura</b>	0,047753	0,003578	13,35	0,000
<b>Qualidade do Ensino</b>	0,003406	0,001678	2,03	0,042
<b>Alcance do Sistema de Escolar</b>	-0,006123	0,001017	-6,02	0,000
<b>Aspectos Institucionais</b>	0,021483	0,001953	11	0,000
<b>Contas Públicas</b>	-0,004116	0,000852	-4,83	0,000
<b>Infraestrutura e Pesquisa</b>	-0,157185	0,006128	-25,65	0,000
<b>Dificuldade de Acesso a Tecnologia</b>	0,010855	0,002721	3,99	0,000

Fonte: Elaborada pelo autor com base em World Economic Forum, UNESCO e Atlas da complexidade econômica

#### 4.2.1 Produtos encontrados Probit

Prontos os scores de cada par produto/país, iremos agora selecionar os casos de interesse para nossa pesquisa. Cabe lembrar que os scores encontrados representam a probabilidade predita de exportação para cada par. Nos interessamos nele pois apresentam, utilizando como base a estrutura dos países, quais os produtos que a estrutura do país estaria mais apta a desenvolver. A lista de produtos encontrados é que irá embasar a proposta de política que é o objetivo desse trabalho.

O resultado que nos interessa é a probabilidade de exportação para os produtos que o Brasil ainda não exporta com VCR. De um total de 1240 produtos, o Brasil não possui VCR em 1033. A probabilidade predita não é uma ferramenta usual para a seleção de produtos ou indústrias em uma política de desenvolvimento produtivo. Ela, no entanto, nos será útil pois aqui queremos identificar, em um primeiro momento, qual o esforço para o país começar a exportar com VCR cada produto. Isto, mais adiante, ajudará a guiar nossa análise.

Primeiramente iremos apresentar os resultados sem nenhum filtro. A seguir as maiores probabilidades preditas:

**TABELA 17 – Produtos selecionados Probit sem filtros, 2015**

<b>Produto</b>	<b>País/HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Minério de urânio e tório</b>	BRA2612	-1,65332	0,308351	Baseado em recursos naturais
<b>Sorgo</b>	BRA3004	-1,51807	0,275533	Produto primário
<b>Cacau em grãos</b>	BRA1801	-2,43100	0,248637	Produto primário
<b>Gás de petróleo</b>	BRA2711	-2,06459	0,244743	Produto primário
<b>Mates de níquel</b>	BRA7501	-2,02358	0,234756	Baseado em recursos naturais
<b>Briquetes de carvão</b>	BRA2701	-1,48396	0,218876	Produto primário
<b>Ouro</b>	BRA7108	-2,03676	0,215391	Produto primário
<b>Minério de metais preciosos</b>	BRA2616	-1,57262	0,214206	Baseado em recursos naturais
<b>Outras sementes oleaginosas</b>	BRA1207	-1,96139	0,207227	Produto primário
<b>Cobre não refinado</b>	BRA7402	-1,65085	0,205496	Produto primário

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Como podemos perceber, todos os produtos encontrados são ou primários ou baseados em recursos naturais. Os achados são condizentes com o que se esperaria de uma economia pouco complexa e cuja estrutura é amplamente baseada nesse tipo de produto. Este é, no entanto, um resultado que não nos interessa. Por isso faremos filtros que possam nos ajudar a encontrar produtos que promovam uma mudança estrutural.

Para tanto fizemos, então, um corte com relação à complexidade dos produtos. Selecionamos, dentre os 1003 para os quais o Brasil não possui VCR maior que um, apenas os que possuem complexidade maior que a do país (0,1865348). Ficamos com 499 produtos, os quais foram ordenados segundo a probabilidade predita de possuir VCR maior que um.

A seguir, selecionamos os 10 produtos com maior probabilidade predita e ICP maior que o ICP do Brasil. Os produtos encontrados foram: 1) Caseína (0,108792); 2) Soro do leite (0,1043725); 3) Óleo de Canola (0,1039681); 4) Pólvora (0,100908); 5) Papel de jornal (0,1001394); 6) Aveia (0,0985449); 7) Placas e folhas de zinco (0,0954883); 8) Ácido Sulfúrico em óleo (0,0947446); e 9) Pesticidas (0,0941502); e 10) Pastas Mecânicas de Madeira (0,0940868).



**TABELA 18 – Produtos selecionados Probit, 2015**

<b>Produto</b>	<b>País/HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Caseína</b>	BRA3501	0,23546	0,108792	Baseado em Recursos Naturais
<b>Soro de leite</b>	BRA404	0,23550	0,104373	Produto Primário
<b>Óleo de canola</b>	BRA1514	0,21387	0,103968	Baseado em Recursos Naturais
<b>Pólvora</b>	BRA3601	0,33740	0,100908	Média Tecnologia
<b>Papel de jornal</b>	BRA4801	0,80197	0,100139	Baseado em Recursos Naturais
<b>Aveia</b>	BRA1004	0,35154	0,098545	Produto Primário
<b>Placas e folhas de zinco</b>	BRA7905	0,22768	0,095488	Produto Primário
<b>Ácido Sulfúrico em óleo</b>	BRA2807	0,35669	0,094745	Baseado em Recursos Naturais
<b>Pesticidas</b>	BRA3808	0,30709	0,094150	Média Tecnologia
<b>Pastas de madeira</b>	BRA4701	0,91208	0,094087	Baseado em Recursos Naturais

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Dos produtos encontrados acima, dois deles não possuem ligação no Product Space, a pólvora e as pastas de madeira. Assim, a exportação com VCR de tais produtos contribuiria para o aumento da complexidade do país, mas não contribuiria para o desenvolvimento de conhecimentos técnicos que pudessem ser aproveitados por outras indústrias.

Interessante notar que a caseína e o soro de leite possuem ligação primária, mostrando que compartilham *capabilities*. Eles fazem parte de um hub de produtos primários ou baseados em recursos naturais onde figuram uma quantidade razoável de produtos.

Os demais produtos não figuram em áreas próximas do Product Space, portanto não compartilham *capabilities*. Interessante notar que dentre os produtos encontrados apenas dois são de média tecnologia. Dentre eles, os pesticidas são um caso interessante, pois figura em uma área mais densa.

Apresentados os produtos mais facilmente conectáveis ao Product Space, continuaremos o exercício ainda utilizando o critério da probabilidade predita. Agora, no entanto, refinaremos a análise adicionando dois critérios: primeiro, excluiu-se os produtos primários, os baseados em recursos naturais, baixa tecnologia e outros manufaturados; e, por fim, excluiu-se os produtos sem conexões.

Nesse sentido, busca-se a proposta de uma política mais desafiadora de desenvolvimento, que se baseie no aumento tanto da complexidade quanto da sofisticação da produção. Ainda excluímos os produtos não conectados a outros, tomando apenas produtos que sua exportação com VCR contribua com *capabilities* que servirão para outros produtos no futuro.

Tal tipo de análise se coaduna com os esforços de Romero e Freiras (2018) que, além de considerar características como as capacidades atuais do país para a escolha de setores para uma política de desenvolvimento produtivo buscam também considerar aspectos ligados às oportunidades de mercado e análise de ganhos.

A seguir a lista dos produtos encontrados:

**TABELA 19 – Produtos de média e alta tecnologia selecionados Probit, 2015**

<b>Produto</b>	<b>País/HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Pesticidas</b>	BRA3808	0,307087	0,0941502	Média tecnologia
<b>Tintas não aquosas</b>	BRA3208	0,285521	0,0926974	Média tecnologia
<b>Agentes de acabamento do tingimento</b>	BRA3809	0,297295	0,0919058	Média tecnologia
<b>Outros corantes</b>	BRA3206	0,729477	0,091550	Média tecnologia
<b>Veículos blindados</b>	BRA8710	0,692829	0,089130	Média tecnologia
<b>Produtos para barbear</b>	BRA3307	0,321275	0,087664	Média tecnologia
<b>Ácidos policarboxílicos</b>	BRA2917	0,517723	0,087550	Média tecnologia
<b>Outros tubos largos de ferro ou aço</b>	BRA7305	0,260731	0,085719	Média tecnologia
<b>Tintas aquosas</b>	BRA3209	0,267583	0,085707	Média tecnologia
<b>Peças e acessórios para armamentos</b>	BRA9305	0,506263	0,084964	Média tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

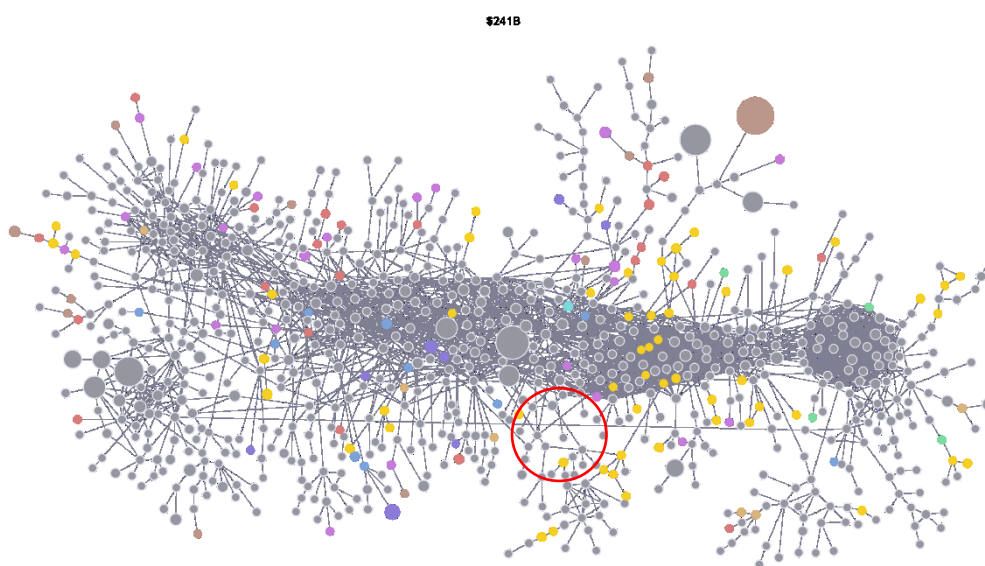
Interessante notar que apenas produtos de média tecnologia foram encontrados, reafirmando que os produtos de alta tecnologia são mais difíceis de serem exportados levando-se em conta a estrutura atual do Brasil. Isto porque, provavelmente, sua produção demanda conhecimentos, infraestrutura, pessoal, entre outros, não presentes em abundância no país.

Dos dez produtos encontrados, três são conexos e na mesma área no Product Space do país. Assim, eles compartilham conhecimento e fazem parte de um mesmo *hub* de indústrias. Com isso, tem-se um ganho adicional em se

desenvolver esse setor. Isto porque após se adquirir o conhecimento técnico necessário para a produção do primeiro serão também desenvolvidas *capabilities* importantes para o desenvolvimento dos demais. Há, portanto, a oportunidade de se desenvolver uma parte específica de uma indústria que, a cada produto exportado com VCR, criaria externalidades positivas para o restante da rede.

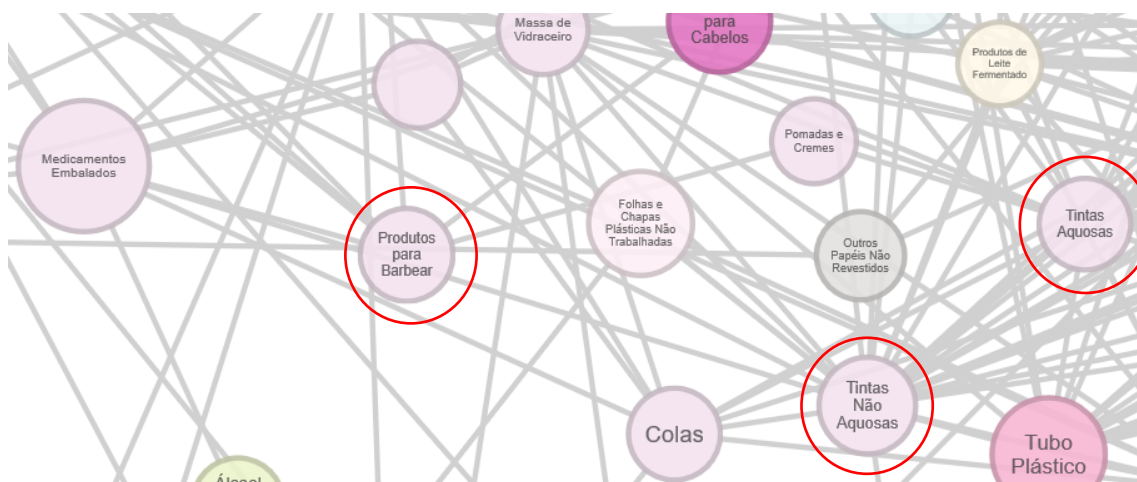
A seguir será apresentada a posição da rede onde esses produtos se encontram:

**FIGURA 06 – Product Space do Brasil, 2015**



Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

**FIGURA 07 – Product Space do Brasil, 2015**



Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

Como podemos ver, o *hub* em questão está em uma parte muito densa da rede, o que significa que contém produtos muito conectados e mais complexos. Na Figura 07 podemos notar que a aglomeração estudada abarca três produtos químicos: os produtos para barbear; as tintas não aquosas; e as tintas aquosas. Além disso, outro produto encontrado, os Pesticidas, tem ligação secundária com a rede, sendo também ligados aos medicamentos embalados, que também estão representados no gráfico acima.

Os demais produtos encontrados, apesar de não conectados iguais aos primeiros quatro discutidos, também apresentam características interessantes. Os Ácidos Policarboxílicos, os Agentes de Acabamento do Tingimento e os Outros Corantes também são produtos químicos, todos posicionados em áreas densas. Os veículos blindados e as peças e acessórios para armamentos, por sua vez, são muito complexos, com índice de 0,70 e 0,50, respectivamente. Além disso, os outros tubos largos de ferro ou aço são produtos mais sofisticados dos baseados em recursos naturais que o Brasil já exporta, como ferro e aço. Assim, sua produção adicionaria valor agregado às exportações do país.

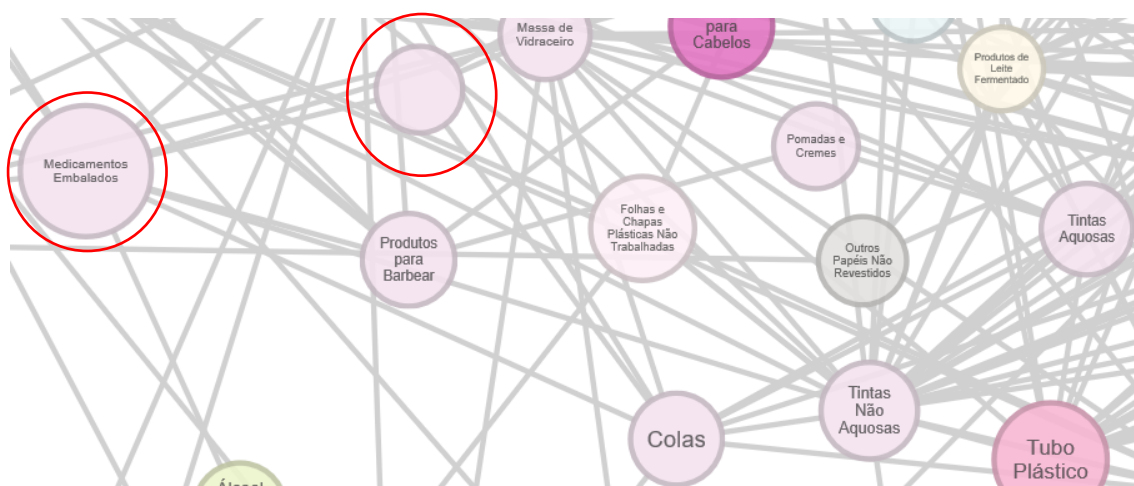
A seguir faremos mais um aumento nos critérios utilizados para encontrarmos os produtos mais facilmente conectáveis ao *Product Space*. Em relação ao anterior, a modificação consiste em aceitarmos apenas produtos de alta tecnologia. Tal proposta seguiria a opção de um formulador de política pública que quisesse desenhar uma política mais audaciosa e que tentasse desenvolver o país de modo mais ágil. A seguir o resultado encontrado:

**TABELA 20 – Produtos alta tecnologia selecionados Probit, 2015**

Produto	País/HS	ICP	Score	Sofisticação
Medicamentos não embalados	BRA3003	0,228454	0,080359	Alta tecnologia
Medicamentos embalados	BRA3004	0,52648	0,079820	Alta tecnologia
Aparatos eletrônicos à base de carbono	BRA8545	0,472739	0,077220	Alta tecnologia
Sinais de trânsito	BRA8530	0,778392	0,073463	Alta tecnologia
Partes de motores elétricos	BRA8503	0,46677	0,072372	Alta tecnologia
Bandagens	BRA3005	0,599294	0,071201	Alta tecnologia
Aparelhos elétricos de ignição	BRA8511	0,661647	0,067041	Alta tecnologia
Aparelhos para lançamento de veículos aéreos	BRA8805	0,423846	0,066849	Alta tecnologia
Reatores nucleares	BRA8401	0,935506	0,066743	Alta tecnologia
Glândulas e outros órgãos no Brasil	BRA3001	0,662235	0,066439	Alta tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Interessante notar que os produtos com os dois maiores scores, medicamentos não embalados e os medicamentos embalados, fazem parte do mesmo *hub* encontrado na pesquisa dos produtos de média e alta tecnologia. Os medicamentos embalados compartilham conhecimento com os pesticidas, as tintas não aquosas e com os produtos para barbear. Além disso, os medicamentos não embalados e os medicamentos embalados também são conectados. Abaixo figura destacando os dois produtos:

**FIGURA 08 – Foco Product Space do Brasil, 2015**

Fonte: Atlas of Economic Complexity – Center for International Development at Harvard University

Além disso, temos resultados interessantes quanto às máquinas encontradas. Os sinais de trânsito são altamente conectados, com 12 ligações primárias e mais de 100 conexões secundárias. Assim, a externalidade positiva de se exportar um produto desse é muito grande. Os sinais de trânsito são ligados de forma secundária aos aparelhos elétricos de ignição através das peças para veículos e às partes de motores elétricos por quatro de suas ligações primárias. Essas duas indústrias também aparecem em nossa lista.

Os aparelhos elétricos de ignição também são muito conectados. Possuem seis ligações primárias e sessenta secundárias. Dentre as secundárias figuram, além da já citada com os sinais de trânsito, as partes de motores elétricos. As partes de motores elétricos são ainda mais conectadas, com 29 conexões primárias e mais de 120 secundárias.

Dentre os demais produtos encontrados, temos os aparatos eletrônicos à base de carbono, os aparelhos para lançamento de veículos aéreos e os reatores nucleares que também estão classificados como maquinário. O último foi o produto mais complexo encontrado, com ICP de 0,94.

Os demais, bandagens e as glândulas e outros órgãos são classificados como produtos químicos. A primeira, apesar de possuir apenas uma ligação primária possui 29 secundárias, sendo uma delas os produtos para barbear, um dos produtos do *hub* de químicos encontrado no teste anterior.

### **4.3 Propensity Score Matching**

O Propensity Score Matching realizado nesse trabalho buscou encontrar os países que possuem a probabilidade predita mais próxima da do Brasil para os produtos que ainda não exportamos com VCR maior que um, mas que eles exportam. Foi utilizada, portanto, a técnica de vizinhos mais próximos com um corte de produtos que têm ICP mais que o ICE do Brasil. Esse tipo de informação é útil pois identifica quais países com características semelhantes conseguem exportar o produto com VCR, cabendo a trabalho futuro identificar os determinantes da diferença nos níveis de VCR.

Esse método já foi utilizado em outros trabalhos voltado ao comércio exterior. Utilizando o Propensity Score Matching, Araújo (2006) classificou o potencial exportador de indústrias brasileiras identificando quais firmas não-exportadoras possuíam o nível de competitividade internacional semelhante ao de firmas que já exportavam.

A aplicação feita aqui, no entanto, é diferente das realizadas até aqui. Como mencionado, procuramos casos partindo do Brasil, o que faz com que não se tenha variância. A tabela abaixo mostra os resultados obtidos com o PSM sem a realização de filtros. Para cada produto, temos o score do Brasil e o do país que possui vantagem comparativa revelada na exportação do produto e tem o score mais próximo do nosso.

**TABELA 21 – Propensity Score Matching sem filtros, 2015**

<b>Produto</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score Brasil</b>	<b>PSM</b>	<b>Score País</b>	<b>Diferença</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Haletos</b>	2812	1,13471	0,038474	NAM	0,038543	0,000070	Baseado em recursos minerais
<b>Acetais e hemiacetais</b>	2911	1,11038	0,050319	IRL	0,050369	0,000051	Baseado em recursos minerais
<b>Selos postais</b>	4907	-0,79998	0,119691	GEO	0,119724	0,000033	Outras manufaturas
<b>Polímeros de Estireno</b>	3903	0,93222	0,073843	KOR	0,073793	-0,000050	Média Tecnologia
<b>Abrasivos em pó ou grão</b>	6805	1,28637	0,058367	KOR	0,058307	-0,000060	Baseado em recursos minerais
<b>Misturas asfálticas</b>	2715	-0,76090	0,121741	MOZ	0,121748	0,000007	Baseado em recursos minerais
<b>Discos fonográficos</b>	8524	1,34444	0,060723	SGP	0,060683	-0,000040	Baixa tecnologia
<b>Batatas</b>	701	-1,04270	0,129254	ETH	0,129178	-0,000076	Produtos primários
<b>Resíduos de zinco</b>	7902	-0,63351	0,119367	FIN	0,119256	-0,000111	Baseado em recursos minerais
<b>Fertilizantes mistos minerais ou químicos</b>	3105	-0,89938	0,122161	COL	0,122273	0,000112	Média Tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO



Foram identificados nessa etapa principalmente produtos pouco sofisticados. 5 deles são baseados em recursos minerais, 1 de baixa tecnologia, 1 classificado como outras manufaturas, 1 primário e apenas dois de média tecnologia. Isso é o que se esperaria para um país com a pauta exportadora pouco sofisticada. Além disso, eles em sua maioria se localizam em áreas pouco densas do *Product Space*. Os haletos, acetais e hemiacetais e os resíduos de zinco sequer possuem conexões. Os selos postais e os fertilizantes possuem uma conexão cada, enquanto as misturas asfálticas, os polímeros de estireno e as batatas possuem duas. Esses produtos dificilmente contribuiriam de forma consistente para uma mudança estrutural, pois não contribuiriam para o aumento de *capabilities* úteis para a economia.

Os discos fonográficos já ficam em uma região um pouco mais densa e possui 5 conexões. Os abrasivos, por outro lado, já têm uma *capabilities* mais interessantes, pois as compartilham com 9 produtos e mais de 100 conexões secundárias. Entre ela estão os medicamentos embalados e os medicamentos não embalados, produtos identificados na Probit.

Quanto à complexidade, metade dos produtos possui ICP negativo. Isso mostra que sua exportação com VCR iria diminuir a complexidade do país, tornando sua estrutura econômica mais longe do que queremos alcançar, que é a de um país sofisticado. Os outros cinco, por sua vez, possuem um índice de complexidade interessante, próximo ou maior a 1, consideravelmente maior que o ICE do Brasil.

Com isso, iremos fazer o primeiro filtro. Este é quanto à complexidade do produto, que deve ser maior que a do Brasil (0,18). Com isso espera-se selecionar apenas setores que possam trazer um ganho de *capabilities* para o país. A seguir o resultado encontrado:

**TABELA 22 – Propensity Score Matching, 2015**

<b>Produto</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score Brasil</b>	<b>PSM</b>	<b>Score País</b>	<b>Diferença</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Haletos</b>	2812	1,13471	0,038474	NAM	0,038543	-0,000070	Baseado em recursos minerais
<b>Acetais e Hemiacetais</b>	2911	1,11038	0,050319	IRL	0,050369	-0,000051	Baseado em recursos minerais
<b>Discos Fonográficos</b>	8524	1,34444	0,060723	SGP	0,060683	0,000040	Baixa Tecnologia
<b>Polímeros de Estireno</b>	3903	0,93222	0,073843	KOR	0,073793	0,000050	Média Tecnologia
<b>Abrasivos em pó ou grão</b>	6805	1,28637	0,058367	KOR	0,058307	0,000060	Baseado em recursos minerais
<b>Outros Ácidos Inorgânicos</b>	2811	0,23366	0,078495	NOR	0,078310	0,000185	Baseado em recursos minerais
<b>Proteínas Solúveis em Água</b>	3502	0,46314	0,092009	ARG	0,091753	0,000256	Baseado em recursos minerais
<b>Aparelhos Auxiliares para Caldeiras</b>	8404	0,61461	0,065666	UKR	0,065317	0,000349	Média Tecnologia
<b>Corantes Sintéticos</b>	3204	0,79166	0,057614	URY	0,057181	0,000433	Baseado em recursos minerais
<b>Pólvora</b>	3601	0,33740	0,100908	AUS	0,100334	0,000574	Média Tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Como podemos notar, foram encontrados 6 produtos baseados em recursos naturais, três de média tecnologia e um de baixa. Novamente os achados são condizentes com o esperado. Não encontramos produtos primários porque eles, em sua maioria, possuem o ICP muito baixo, menor que a média do Brasil. Por outro lado, a estrutura do país está mais próxima ou mais propícia a produtos baseados em recursos naturais, razão pela qual eles aparecem em abundância.

Dos produtos encontrados 4 não possuem conexões. Além dos que já apareciam na lista anterior, os haletos e acetais, as proteínas solúveis em água e a pólvora não compartilham capacidade produtiva com nenhum outro produto. Além disso, os outros ácidos inorgânicos e os corantes sintéticos possuem apenas uma conexão. A novidade nessa lista são os aparelhos auxiliares para caldeiras, que possuem 4 ligações primárias e 28 secundárias.

Agora, apresentados os casos mais próximos de *matching* entre os pares produto/país para os produtos brasileiros sem VCR, a seguir faremos um aumento de requisito semelhante ao feito anteriormente com a Probit. Agora iremos escolher apenas os produtos de média ou alta sofisticação que possuírem conexões no *Product Space*. Segue tabela com os produtos encontrados:

**TABELA 23 – Propensity Score Matching para produtos de média e alta tecnologia, 2015**

<b>Produto</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score Brasil</b>	<b>PSM</b>	<b>Score País</b>	<b>Diferença</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Grafite artificial</b>	3801	0,98142	0,05799	UKR	0,05887	-0,000877	Média tecnologia
<b>Aparatos eletrônicos à base de carbono</b>	8545	0,47274	0,07722	NOR	0,07788	-0,000658	Alta tecnologia
<b>Polímeros de estireno</b>	3903	0,93222	0,07384	KOR	0,73793	-0,664090	Média tecnologia
<b>Rolamentos de esferas</b>	8482	1,28747	0,48510	SGP	0,04824	0,436862	Média tecnologia
<b>Aparelhos auxiliares para caldeiras</b>	8404	0,61461	0,06567	UKR	0,06532	0,000353	Média tecnologia
<b>Osciloscópios</b>	9030	1,55337	0,03609	ISR	0,03570	0,000390	Alta tecnologia
<b>Máquinas para eliminação por laser</b>	8456	2,48333	0,19110	CYP	0,01830	0,172801	Média tecnologia
<b>Impressoras industriais</b>	8443	1,49850	0,03166	ISR	0,03085	0,000810	Média Tecnologia
<b>Caixas e partes de relógios</b>	9111	0,56891	0,03562	ARM	0,03479	0,000834	Média tecnologia
<b>Ceras artificiais</b>	3404	0,52693	0,07508	KOR	0,07423	0,000855	Média tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Pode-se perceber que a maioria dos produtos encontrados é de média tecnologia, o que faz sentido levando-se em consideração que o Brasil não é um país que exporta muitos produtos sofisticados. Ao contrário do teste com a Probit, no entanto, encontramos dois produtos de alta tecnologia.

O primeiro produto da nossa lista é o Grafite Industrial. Esse produto possui três ligações primárias, entre elas os aparatos eletrônicos à base de carbono, produto identificado em testes anteriores e novamente neste. Além disso, possui mais de 25 conexões secundárias, entre elas as partes de motores elétricos, também já citado nesse trabalho.

Os rolamentos de esferas estão em uma região densa do *Product Space*. Eles também são ligados às partes de motores elétricos de forma secundária, além dos sinais de trânsito, mostrando que de alguma forma compartilham *capabilities* com os produtos encontrados no Probit.

Os aparelhos auxiliares para caldeira têm conexão primária com as partes de motores elétricos, fazendo também parte do mesmo *hub* de maquinário de diversos produtos encontrados.

Encontramos, ainda, outros produtos conectados. As impressoras industriais, produtos muito complexos, com ICP de quase 1,50, tem 10 conexões primárias e 23 secundárias. Dentre as secundárias estão os osciloscópios, produto de alta tecnologia com o segundo maior ICP dos encontrados neste teste, de mais de 1,5.

Os demais produtos encontrados, os polímeros de estireno, as máquinas para eliminação por laser, caixas e partes de relógios e as ceras artificiais são todos produtos interessantes, mas estão mais distantes dos já comentados. As máquinas para eliminação por laser, aliás, é o produto mais complexo dessa lista, com quase 2,5 de ICP.

A seguir vamos continuar nossa análise aumentando os critérios para a identificação dos produtos. Agora consideraremos apenas os produtos de alta tecnologia. O intuito de uma política que focasse nesses produtos seria perseguir um desenvolvimento acelerado investindo em setores mais sofisticados da economia. Segue o resultado:

TABELA 24 – *Propensity Score Matching* para produtos de alta tecnologia, 2015

<b>Produto</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Score Brasil</b>	<b>PSM</b>	<b>Score País</b>	<b>Diferença</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Sinais de trânsito</b>	8530	0,77839	0,07346	MAR	0,07583	-0,00237	Alta tecnologia
<b>Outros equipamentos elétricos</b>	8543	1,55095	0,03159	ISR	0,03333	-0,00174	Alta tecnologia
<b>Binóculos e telescópios</b>	9005	0,97379	0,05613	RWA	0,05786	-0,00173	Alta tecnologia
<b>Outros produtos farmacêuticos</b>	3006	1,18259	0,06545	IRL	0,06683	-0,00138	Alta tecnologia
<b>Aparatos eletrônicos à base de carbono</b>	8545	0,47274	0,07722	NOR	0,07788	-0,00066	Alta tecnologia
<b>Osciloscópios</b>	9030	1,55337	0,03609	ISR	0,03570	0,00039	Alta tecnologia
<b>Antibióticos</b>	2941	0,97757	0,05021	IRL	0,04913	0,00108	Alta tecnologia
<b>Hormônios</b>	2937	1,38069	0,06396	ARG	0,06255	0,00141	Alta tecnologia
<b>Alarmes sonoros</b>	8531	0,87913	0,04402	IRL	0,04071	0,00331	Alta tecnologia
<b>Acessórios de transmissão de rádio e TV</b>	8529	0,34225	0,04302	ISR	0,04046	0,00256	Alta tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Primeiramente, observa-se que os dois produtos que já compunham a lista anterior, os aparatos eletrônicos à base de carbono e os osciloscópios aparecem novamente, pois são os de alta tecnologia mais próximos encontrados pelo PSM. Além disso, os sinais de trânsito já haviam sido encontrados pela regressão Probit, o que reforça a escolha desse produto. Interessante notar que os outros equipamentos elétricos têm conexão primária com as impressoras industriais e os osciloscópios. Eles têm um ICP grande, de mais de 1,5, além de serem conectados secundariamente com outros três produtos encontrados, os binóculos e telescópios, os alarmes sonoros e acessórios para transmissão de rádio e TV.

Os outros produtos farmacêuticos são ligados de forma secundária aos antibióticos e aos sinais de trânsito. Curiosamente os hormônios, encontrados nesse teste, são ligados de forma primária aos aparelhos para lançamento de veículos aéreos, encontrados no Probit.

#### **4.4 Proposta de política**

Como podemos notar na exposição dos produtos encontrados, dois *hubs* foram mais claramente identificados durante o trabalho, o primeiro no qual figuram principalmente produtos químicos, o segundo de maquinário e um menor de instrumentos.

Interessante notar que os produtos que serão aqui propostos são sofisticados, todos de média ou alta tecnologia. Tal projeto se assemelharia ao processo passado pela Coréia do Sul a partir de 1995, quando a participação nas exportações de produtos sofisticados com VCR aumentou de forma expressiva e levou o país a consolidar seu processo de mudança estrutural (Britto et al., 2019).

Com o intuito de se realizar tal mudança, é importante que a economia inicie um ciclo virtuoso focado em produtos que compartilham *capabilities*. Assim, a emergência de um significaria que o país possui uma maior parte dos conhecimentos necessários para a exportação com VCR do outro. Desse modo, a escolha de produtos de um mesmo *hub* impulsiona o desenvolvimento dos demais, pois as *capabilities* desenvolvidas em uma indústria poderão ser aproveitadas nas demais.

Nesse sentido, a proposta feita nesse trabalho será uma junção de três critérios: a) primeiro, utilizaremos os produtos identificados tanto pela probabilidade predita como pelo PSM. Em ambos os casos, são produtos que emergiram da estrutura produtiva e institucional do país. Assim, são produtos para os quais o país teria mais facilidade de desenvolver as capacidades necessárias para a produção com VCR; b) segundo, utilizaremos o recorte dos produtos que possuem conexões no *Product Space* e sejam mais sofisticados (Média ou Alta Tecnologia); e c) apontaremos os produtos que possuem mais externalidades positivas em termos de *capabilities* para os demais produtos selecionados, ou seja, os que formam os *hubs* encontrados.

Assim, os *hubs* identificados englobariam os seguintes produtos:

**TABELA 25 – Produtos selecionados *hub* 1, 2015**

<b>Produto</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Medicamentos não embalados</b>	3003	0,22845	Alta tecnologia
<b>Medicamentos embalados</b>	3004	0,52648	Alta tecnologia
<b>Tintas não aquosas</b>	3208	0,28552	Média Tecnologia
<b>Tintas aquosas</b>	3209	0,26758	Média Tecnologia
<b>Produtos para barbear</b>	3307	0,32128	Média Tecnologia
<b>Bandagens</b>	3005	0,59929	Alta tecnologia
<b>Pesticidas</b>	3808	0,30709	Média Tecnologia
<b>Abrasivos em pó</b>	6805	1,28637	Baseados em Recursos Naturais

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO



**TABELA 26 – Produtos selecionados *hub* 2,2015**

<b>C</b>	<b>HS</b>	<b>ICP</b>	<b>Sofisticação</b>
<b>Aparatos eletrônicos à base de carbono</b>	8545	0,47274	Alta tecnologia
<b>Sinais de trânsito</b>	8530	0,77839	Alta tecnologia
<b>Partes de motores elétricos</b>	8503	0,46677	Alta tecnologia
<b>Aparelhos elétricos de ignição</b>	8511	0,66165	Alta tecnologia
<b>Impressoras industriais</b>	8443	1,49850	Média Tecnologia
<b>Outros equipamentos elétricos</b>	8543	1,55095	Alta Tecnologia
<b>Osciloscópios</b>	9030	1,55337	Alta Tecnologia
<b>Alarmes sonoros</b>	8531	0,87013	Alta Tecnologia
<b>Acessórios para transmissão de rádio e TV</b>	8529	0,34225	Alta Tecnologia
<b>Rolamentos de esferas</b>	8482	1,28747	Média Tecnologia
<b>Binóculos e telescópios</b>	9005	0,97379	Alta Tecnologia

Fonte: Elaborada pelo autor com base em dados do Atlas da Complexidade Econômica, World Economic Forum e UNESCO

Com a apresentação desses dois *hubs* o formulador de políticas públicas tem algumas opções para começar o processo desenvolvimentista. Primeiro, caso queira uma política mais conservadora (e provavelmente menos custosa), ele pode eleger uma dessas listas de produtos para começar o processo de aquisição de *capabilities*. Apesar de ser uma alternativa que demandará mais tempo, como os *hubs* são conectados a exportação com VCR de uma das listas irá ter um efeito positivo sobre os demais, tornando mais fácil seu desenvolvimento ou, em um cenário ideal, promovendo o desenvolvimento espontâneo de algum produto que compartilha conhecimentos com o outro *hub*.

Uma estratégia mais audaz seria o incentivo aos 16 produtos identificados nessa lista. Ainda que mais desafiadora, tal política poderia criar um ambiente ou mesmo consolidar uma mudança estrutural no país. Além desses produtos, que já representariam um grande avanço na estrutura produtiva do país, as *capabilities* adquiridas poderiam criar condições para que outros produtos mais complexos fossem desenvolvidos, acelerando ainda mais o desenvolvimento do país.

Ainda, tal experimento pode ser feito novamente após a conclusão desse primeiro ciclo de desenvolvimento. Assim, é possível criar um desenvolvimento continuado e, como o país terá mais *capabilities* e uma pauta de exportação mais diversa, seria possível aumentar ainda mais os critérios para a seleção de produtos.

Por fim, o fato de se ter achado produtos próximos no Product Space é um indicativo que as variáveis propostas para a regressão conseguem de alguma forma capturar bem a estrutura do país. Isto porque demonstrou que o Brasil tem oportunidades em algumas indústrias que, devido a conformação do país hoje, têm grande potencial de desenvolvimento.

#### **4.5 Simulação de Impacto na complexidade do país**

Para concluir nosso estudo, fizemos uma simulação do impacto da mudança na complexidade do Brasil caso os produtos anteriormente descritos fossem incorporados a pauta de produtos exportados com VCR maior que um. Para tanto, substituímos na matriz de países e produtos o VCR dos produtos em questão de 0 para 1. Partimos de uma lista de 236 países, onde o Brasil se posicionava em 106º, com VCR de (0,186534).

Deve-se atentar que aqui fizemos uma simplificação. O aumento do índice de Vantagem Comparativa Revelada por um país pode levar a compressão da parcela de outro tal que o último perca o  $VCR > 1$ . Nesse caso, como o índice é comparativo, ocorreriam mudanças mais drásticas nos índices dos que a captada aqui. O objetivo dessa simulação, no entanto, é de servir apenas como indicativo de como o índice se comportaria caso ocorresse um desenvolvimento econômico que tornasse o país mais competitivo nos produtos listados. Assim, entendemos que essa simplificação não condena o resultado encontrado e que há valor nesse achado.

Faremos aqui três testes, correspondentes às opções de políticas públicas sugeridas. Em um primeiro momento, apresentaremos o ICE caso apenas um dos hubs identificados fosse desenvolvido. Ao final, apresentaremos o resultado caso o Brasil adquira VCR em todos os produtos dos dois hubs.

Caso o formulador da política econômica do país optasse por desenvolver apenas o setor de fármacos, desenvolvendo os 6 produtos indicados de uma lista de 1240, o Brasil passaria a ter um ICE de 0,22030, e ficaria na 98ª colocação entre os 246 países considerados. Cabe lembrar que a média de complexidade desses produtos não é alta, de 0,47776. Mesmo assim, o resultado seria um ganho de

complexidade de 0,03377 e 8 posições no ranking mundial. Isto, claro, em uma estimativa conservadora, desconsiderando outros desenvolvimentos posteriores que possam ocorrer com o desenvolvimento dessas novas *capabilities*.

No caso dos maquinários, temos uma lista um pouco maior, com onze produtos, e com média de ICP maior, de 0,95055. Com o desenvolvimento desses produtos o resultado seria ainda mais contundente, pois o ICE do país passaria a 0,29077, e seríamos o 92° país mais complexo do mundo. Nesse caso, adicionaríamos 0,10423 de complexidade, galgando 14 posições no ranking mundial.

O ideal, no entanto, seria uma política que contemplasse todos os produtos mencionados. Como visto, eles se conectam, mesmo que de forma secundária, e o seu desenvolvimento concomitante levaria a aquisição de *capabilities* que poderiam ser úteis a uma gama muito grande de outros setores, o que geraria grande externalidade positiva e transbordamento dessas externalidades por uma parte considerável da economia.

Ademais, como todos se encontram em áreas densas do Product Space, os benefícios seriam amplamente compartilhados e para produtos que são em geral mais complexos. Seria possível, então, criar um ciclo de desenvolvimento que poderia aumentar ainda mais os benefícios aqui apontados.

Voltando ao exercício, caso todos os produtos fossem desenvolvidos, o Brasil passaria a ter um ICE de 0,34814, sendo a 89ª economia mais complexa do planeta. O ganho, com os 19 produtos apontados, seria de 0,16160 e de 17 posições.

Com essas simulações podemos notar dois fatos importantes. Primeiro, que os produtos selecionados têm o condão de mudar a economia do país, aumentando de forma considerável a complexidade do país e imbuindo o país de *capabilities* que podem levá-lo a uma mudança estrutural. Além disso, podemos ver que não precisamos de um esforço imenso para fazer mudanças significativas na economia do país. É necessário, no entanto, um esforço direcionado. O que o presente exercício nos mostra é que existem setores, compatíveis com a estrutura produtiva atual do país, que se estimulados podem levar o país a se desenvolver.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mudança estrutural é um rearranjo da composição setorial da produção de setores menos sofisticados para setores mais sofisticados. Os novos setores, por serem mais sofisticados, conseguem produzir uma quantidade maior de bens e serviços para uma mesma quantidade de mão de obra. Essa reorganização da economia, então, gera um processo de aumento da produtividade do trabalhador e, conseqüentemente, do nível da produção total.

Para que essa migração de mão de obra para setores mais dinâmicos ocorra, no entanto, é necessário que haja disponível na economia, por exemplo, capital e conhecimento técnico, entre outros. O presente trabalho focou no segundo item, o conhecimento técnico.

Mais especificamente, trabalhou com a literatura de complexidade econômica, que busca medir a quantidade necessária de conhecimento técnico para produzir certo bem ou o seu total existente em uma economia utilizando dados de comércio exterior. Esse conhecimento técnico é tratado, por essa linha de pesquisa, como *capabilities*.

Um país que deseje exportar um produto com Vantagem Comparativa Revelada pela primeira vez deve, nesse sentido, rearranjar suas *capabilities* para obter ou desenvolver o conhecimento técnico necessário para tanto. Assim, esse conhecimento técnico preexistente em uma economia não só a torna mais competitiva hoje como facilitaria seu desenvolvimento futuro.

Tem-se, portanto, que a aquisição de novas *capabilities* é fator importante para a mudança estrutural. Esta, por sua vez, aumenta a produtividade da economia em geral, gerando um processo de desenvolvimento. A literatura atual, no entanto, não aponta de forma uníssona, quais seriam as *capabilities* mais importantes para que se desenvolva uma economia nem quais setores facilitariam esse processo e gerariam maior renda.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou apresentar um método que sirva como opção para que um formulador de políticas públicas dê o primeiro passo em um processo de transformação da complexidade de uma economia. Buscou-se apontar quais produtos e, implicitamente, quais *capabilities*, mais contribuiriam para o começo de um processo de mudança estrutural no estudo de caso, o Brasil.

Para tanto, primeiro fizemos uma breve revisão da literatura, que tratou desde de mudança estrutural até os trabalhos mais recentes de complexidade econômica. O seu foco, entretanto, foram nos métodos propostos mais recentemente para a identificação e setores baseados na literatura de complexidade.

Interessante notar que as análises propostas até aqui, em geral, são bastante subjetivas, exigindo que o pesquisador dê pesos às variáveis que compõem seu método. Para atacar tal fragilidade, o presente trabalho objetiva diminuir esse grau de subjetividade e apresentar um método mais rigoroso para a escolha das variáveis utilizadas e no qual não seja preciso determinar seu peso.

Assim, propôs-se um método de identificação de produtos com potencial de aumentar a complexidade econômica de um país baseado nas características tanto do *Product Space* do país como em variáveis não comumente ligadas a esse tipo de discussão. Como a quantidade de variáveis passíveis de serem utilizadas é demasiado grande e o intuito era tentar captar com a maior abrangência possível características estruturais da economia mundial, foi necessário condensar as informações disponíveis de forma a tornar o trabalho o mais inteligível possível.

Para tanto, foi utilizado o método de Análise Multivariada de Análise de Componentes Principais. Assim, foi possível considerar um extenso rol de informações referentes a características relativas ao capital humano do país, sua infraestrutura, o nível de tecnologia disponível, suas instituições e governos.

Além disso, foi utilizado o Propensity Score Matching para encontrar os produtos a serem selecionados. Assim, busca-se diminuir o número de escolhas feitas pelo analista e deixar que as variáveis sejam o fator com maior influência no resultado, deixando-as determinar quais os casos mais semelhantes entre si.

Para realizar o que nos propomos, primeiro fizemos uma revisão da literatura dividida em três partes. Primeiro, foi apresentada uma breve discussão sobre mudança estrutural. A seguir, entramos na literatura de complexidade econômica, dando uma visão mais geral do assunto. Em um próximo momento, aprofundamos nos métodos mais recentes de identificação de produtos e setores baseados nesse tipo de argumentação.

Em um segundo momento, apresentamos um descritivo da situação estrutural do nosso estudo de caso. Com os dados levantados é possível ver que o Brasil, apesar de ser uma das maiores economias do mundo, é um país de renda média que exporta principalmente bens poucos sofisticados e importa bens mais sofisticados. Assim, o país tem um ICE relativamente baixo, exportando em geral produtos pouco complexos e que ficam em regiões pouco conectadas do Product Space.

Além disso, o país ainda se encontra em um quadro difícil em relação a sua taxa de crescimento econômico. Ele se encontra estagnado e vem tendo dificuldade de reencontrar o caminho para o desenvolvimento. Nesse cenário, faz-se interessante utilizar o Brasil como estudo de caso, pois ele carece tanto de uma política que incentive o crescimento econômico como que realize uma mudança estrutural que o torne mais sofisticado.

Em seguida, foi apresentada a metodologia e os dados utilizados. Foram apresentados, então, os métodos da Análise de Componentes Principais e do Propensity Score Matching, assim como o tipo de *matching* utilizado, o dos vizinhos mais próximos.

A ACP é uma abordagem estatística usada para analisar a interrelação entre variáveis e explicá-las em termos de suas dimensões comuns, chamadas de fatores. Ela resume padrões de correlação entre variáveis observáveis, explicando a estrutura de variância-covariância utilizando combinações lineares das variáveis originais.

Já o Propensity Score Matching é um método empírico para o estudo de respostas contra factuais. Seu intuito é medir o efeito de certo tratamento em uma

população alvo, partindo do pressuposto que a seleção do tratamento pode ser explicada pelas características observáveis.

Após a parte metodologia, foram feitos a Análise de Componentes Principais, uma regressão Probit e o Propensity Score Matching. Assim, aqui determinou-se o restante das variáveis a serem incluídas na equação e encontrou-se os produtos alvos da pesquisa.

Nas ACP foram feitos três conjuntos de variáveis. O primeiro buscou reunir uma gama grande de variáveis ligadas ao capital humano dos países e concentrar sua variância em um número menor de índices. Conseguiu-se, então, chegar a dois fatores que concentram mais de 76% da variância de 13 variáveis. A primeira foi denominada, por ser composta mais fortemente por índices de qualidade, foi denominada Qualidade Escolar. Ela mostrou-se relacionada tanto com o PIB como com o Índice de Complexidade Econômica. O segundo fator, por sua vez, se mostrou mais relacionado ao alcance da educação, motivo pelo qual o chamamos de Alcance do Sistema Escolar. Este, por sua vez, mostrou uma relação muito menos evidente com o PIB e o ICE.

O segundo conjunto de variáveis trabalhado está relacionado a instituições e governo. Foram utilizadas 17 variáveis, resultando em dois fatores que representam mais de 70% da variância. O primeiro tem participação maior de variáveis relativas às instituições dos países e foi, portanto, chamada de Aspectos Institucionais. Foi encontrada forte relação entre esse fator e tanto o PIB como o ICE dos países. O segundo, por sua vez, detém informações referentes a dívida pública e ao balanço orçamentário, sendo chamado de Contas Públicas.

Por fim, foram utilizados indicadores que representam a infraestrutura e tecnologia. Foram utilizadas 15 variáveis correlacionadas. Com apenas dois fatores conseguimos concentrar mais de 72% da variância. O primeiro é composto majoritariamente por variáveis de infraestrutura e relacionadas ao setor de pesquisa. Assim, a denominamos Infraestrutura e Pesquisa. Ela possui relação clara tanto com o PIB dos países como com seu ICE.

O outro fator, no entanto, possui relação inversa com a capacidade tecnológica do país. Ele foi chamado, então, de Dificuldade de Acesso à Tecnologia e não possui relação tão clara com o PIB nem com o ICE.

Após definidas as últimas variáveis a serem utilizadas, fez-se uma regressão Probit para encontrar as probabilidades preditas de exportação para um par país/produto. A variável binária aqui foi a exportação com VCR. A partir do resultado, em um primeiro momento, foram selecionados os produtos brasileiros que possuem ICP maior que o ICE do país de maior probabilidade exportação. Para fazer recomendações mais interessantes para o país, no entanto, foram feitos mais dois testes. No primeiro colocamos mais restrições, produto deveria ter alguma ligação no Product Space e ser de média ou alta tecnologia. No teste final da Probit, aumentamos os requisitos para aceitar, além dos critérios anteriores, apenas os de alta tecnologia.

Em seguida, esse esforço em três estágios foi repetido para o Propensity Score Matching. Encontramos, nesse teste, os pares de países/produtos que possuem a probabilidade predita mais parecida entre os pares Brasil/produto sem VCR e outros países/produtos com VCR. Assim, conseguimos identificar para quais produtos o Brasil tem condições similares a países que o exportam com VCR.

Com os produtos listados, fizemos então uma proposta de produtos a serem incentivados. Eles foram divididos em dois hubs, fármacos e maquinário e instrumentos. Assim, foi dado ao formulador de política a opção de incentivar um *hub* por vez ou, o que seria mais recomendado, desenvolver todos os 16 produtos propostos concomitantemente.

Com os 19 produtos identificados, fizemos a simulação do ICE do país caso desenvolvesse esses produtos. O resultado que encontramos é que é possível fazer grandes avanços no país rumo a uma mudança estrutural com um esforço relativamente pequeno.

Concluimos, com tudo o que foi apresentado, que o processo de mudança estrutural é longo e deve ser feito de maneira contínua. Fechar grandes *gaps* tecnológicos em um pequeno espaço de tempo é custoso e de difícil operacionalização. O Brasil, no entanto, necessita com urgência de políticas que



consigam retomar o seu frustrado processo de desenvolvimento. O caminho para esse desenvolvimento nos parece passar pela aquisição de conhecimento técnico. A diversificação da produção, assim como o desenvolvimento de capacidades que possibilitem que sejam produzidos produtos mais complexos e sofisticados é um caminho árduo, mas necessário ao país. Como um país que exporta basicamente produtos primários ou baseados em recursos naturais, o Brasil precisa de um plano ambicioso que envolva uma mudança estrutural contínua.

A considerar as últimas décadas, a mudança estrutural do Brasil não parece estar acontecendo. A indústria do país, na verdade, vem encolhendo sua participação no total da economia. O presente trabalho, por fim, buscou indicar um norte para o começo de uma política voltada para o desenvolvimento do país, indicando quais produtos seriam mais estratégicos de serem exportados pelo país com Vantagem Comparativa Revelada. Para tanto, foram consideradas tanto variáveis da literatura de complexidade como considerando aspectos mais estruturais do país, tentando-se impor um rigor maior que o de trabalhos anteriores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBEAIK, S., KALTENBERG M., ALSALEH M., HIDALGO C. **Improving the ECI.** <https://arxiv.org/abs/1707.05826v3>. 2017.

ALBORNOZ, F., ERCOLANI, M. **Learning by exporting: do firm characteristics matter? Evidence from Argentinian panel data.** Department of Economics University of Birmingham. 2007.

ALENCAR, J., FREITAS, E., ROMERO, J., BRITTO, G. **Complexidade econômica e desenvolvimento: Uma análise do caso latino-americano.** DOSSIÊ balanço crítico da economia brasileira (2003-2016). Novos estudos. CEBRAP. Mai-Ago, 2018.

ALSHAMSI, A., PINHEIRO, F., HIDALGO, C. Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas. **Nature communications.** 2017

AMARAL, P. Curso de Métodos de Análise Regional e Urbana. Cedeplar. 2018

ANGELINI, O., CRISTELLI, M., PIETRONERO, L., ZACCARIA, A. **The Complex Dynamics of Products and Its Asymptotic Properties.** 2017.

ANTOLÍN, M., MÁÑEZ, J., BARRACHINA, M., LLOPIS, J. Export intensity and the productivity gains of exporting. **Applied Economics Letters** 20, pg 804-808. 2013.

ARAÚJO, R. Cumulative causation in a structural economic dynamic approach to economic growth and uneven development. **Structural Change and Economic Dynamics** 24. Elsevier. 2013

ARAÚJO, B. **Potencial Exportador das Firmas Industriais Brasileiras.** Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) – Escola de Administração Fazendária, Universidade de Brasília, Brasília, 2006

ALVAREZ-QUADRADO e POSCHKE. Structural Change Out of Agriculture: Labor Push versus Labor Pull. **American Economic Journal: Macroeconomics 3**: 127–158. 2011

BALASSA, B. Trade liberalization and revealed comparative advantage, **Manchester School of Economics and Social Studies**, 33, pp. 99-123. 1965

BASER, O. Too Much Ado about Propensity Score Models? Comparing Methods of Propensity Score Matching. **Value in Health**, v.9, n.6. 2006

BAUMOL, William J. Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of the Urban Crisis. **The American Economic Review**, v. 57, n. 3, p. 415-426, jun. 1967.

BAILY, M.N., BARTELSMAN, E.J. and HALTIWANGER, J.C. Downsizing and productivity growth: myth or reality? **Small Business Economics 8**: 259–278. 1996.

BEKER, S., EGGER, P. **Endogenous product versus process innovation and a firm's propensity to export**. 2009.

BISWAS, B., CALIENDO, F. A Multivariate Analysis of the Human Development Index. **Economic Research Institute Study Papers**. 2002

BLEANEY, M., WAKELIN, K. Efficiency, innovation and exports. **Oxford bulletin of economics and statistics**. N° 64, 2002.

BRYSON, A. **The use of propensity score matching in the evaluation of active labour market policies**. Working Paper Number 4, 2002.

BRITTO, G., Ávila, C., Ávila, J. O que determina a mudança estrutural? Quantificando os impactos dos mercados interno e externo. Texto para discussão n°568, CEDEPLAR. 2017

BRITTO, G. et al. **Competitividade industrial, complexidade e intensidade tecnológica em Portugal**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 2015. (Texto para discussão, 522)

BRITTO, G., ROMERO, J., FREITAS, E. Competitividade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: Nelson Barbosa; Nelson Marconi; Mauricio Canêdo Pinheiro; Laura Carvalho. (Org.). **Indústria e Desenvolvimento Produtivo no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, p. 417-440.

CALDARELLI, G., CRISTELLI, M., GABRIELLI, A., PIETRONERO, L., SCALA, A., et al. "A network analysis of countries' export flows: firm grounds for the building blocks of the economy". **PLOS ONE** 7(10): e47278. doi:10.1371/journal.pone.0047278. 2012

CALIENDO, M., KOPEINIG, S. Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching. April 2005

CAMERON, A., TRIVEDI, P. Microeconometrics: Methods and Applications. **Cambridge University Press**. 2005

CHENG, Z., DONGFENG, T., XIANGQIAN, L. The Hidden Capability Network of Product Space. 2013

CHINTRAKARN, P. Estimating the Euro Effects on Trade with Propensity Score Matching. **Review of International Economics**, 16(1), pg. 186–198, 2008.

CRISTELLE, M., GABRIELLI, A., CALDARELLI, G., PIETRONERO, L., TACHELLA, A. "Measuring the Intangibles: A Metric for Economic Complexity of Countries and Products". **PLOS ONE** 8(8): e70726. 2013

CRISTELLE, M., TACHELLA, A., PIETRONERO, L. "**The Heterogeneous Dynamics of Economic Complexity**". February 11, 2015 Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117174> Acesso em: 10 out. 2017.

CRISTELLE, M., TACHELLA, A., PIETRONERO, L., ZACCARIA, A. **Growth scenarios for sub-Saharan countries in the framework of economic complexity**. MPRA Paper No. 71594. 2016 Disponível em: <<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/71594/>> Acesso em: 10 out. 2017

DAMIJAN, J., KOSTEVC, C., POLANEC, S. From Innovation to Exporting or Vice Versa? **The World Economy**. 2010.

DAVANZATI, G. Structural Change driven by institutions: Thorstein veblen revised. **Structural Change and Economic Dynamics**. 2018

DING, S., KNIGHT, J. **Why has China Grown so Fast? The Role of Structural Change**. Oxford: University of Oxford, 2009. (Texto para discussão, 415)

ECLAC - Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Education, structural change and inclusive growth in Latin America. 2015

ESMAEILI, A., SHOKOOHI, Z. Assessing the effect of oil price on world food prices: Application of principal component analysis. **Energy Policy**. 2011

ESTEVE-PÉREZ, S., RODRIGUEZ, D. The dynamics of exports and R&D in SMEs. **Small Business Economy**. N° 4,1 219–240, 2013.

FELICIANO, A., SANTOS, L., CALIMAN, O., BOTELHO, R. “**Complexidade econômica e desenvolvimento: estudo sobre as potencialidades e oportunidades do estado da Paraíba a partir da teoria de Ricardo Hausmann e Cesar Hidalgo e suas ferramentas**”. Centro de Liderança Pública. São Paulo, 2017. (Nota técnica)

Fortunato, P., Razo, C., Vrolijk, K. Operationalizing the *Product Space*: a road map to export diversification. Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. 2015.

FOURASTIÉ, J. Le Grand Espoir du XXe Siècle: progrès technique, progrès économique, progrès social. Paris: **Presses Universitaires de France**. 1949  
 GABRIELLI, A., CRISTELLI, M., MAZZILLI, D., TACHELLA, A., PIETRONERO, L., ZACCARIA, A., **Why we like the ECI+ algorithm**. (2017)

FRAGA, G., BACHA, C. Abertura comercial, capital humano e crescimento econômico no Brasil. **Pesquisa e planejamento econômico**. 2013

FREITAS, E., PAIVA, E. Diversificação e sofisticação das exportações: uma aplicação do Product Space aos dados do Brasil. **Revista Economia NE**. Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 79-98, jul. - set., 2015

FRYGES, Helmut; WAGNER, Joachim. Exports and productivity growth: first evidence from a continuous treatment approach. **University of Lüneburg working paper series in economics**. No. 49. Maio 2007

GALA, P. **Complexidade Econômica: Uma Nova Perspectiva Para Entender a Antiga Questão da Riqueza das Nações**. Editora: Contraponto. 2017

GIRMA, S., GREENWAY, D., KNELLER, R. Export market exit and performance dynamics: a causality analysis of matched firms. **Economics Letters** 80, pg. 181–187. 2003.

GIRMA, S., GREENWAY, D., KNELLER, R. Does Exporting Increase Productivity? A Microeconometric Analysis of Matched Firms. **Review of International Economics**. 2004

GOZGOR, G. Does the structure of employment affect the external imbalances? Theory and evidence. **Structural Change and Economic Dynamics**. Elsevier. 2018

GREENWAY, D., KNELLER, R. Exporting, productivity and agglomeration. **European Economic Review** 52, pg. 919–939. 2008.

HAIR Jr., J. F., *et al.*, **Análise Multivariada de Dados**. 5 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

H AidAR, J. Trade and productivity: Self-selection or learning-by-exporting in India. **Economic Modelling** 29, pg. 1766–1773. 2012.

HANLEY, A., PÉREZ, J. Are newly exporting firms more innovative? Findings from matched Spanish innovators. **Economics Letters** 116, pg. 217–220. 2012.

HAUSMANN, R., HIDALGO, C. *et al.* **“The atlas of economic complexity: Mapping Paths to Prosperity”**. 2011.

HAUSMANN, R. & KLINGER, B. **“Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space,”** CID Kennedy School of Government, Harvard University, 2006. (Texto para discussão, 128)

HAUSMANN, R. & KLINGER, B. **“The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage”.** CID, Center for International Development at Harvard University, 2007. (Texto para discussão, 146)

HAUSMANN, R., D. RODRIK, "Economic Development as Self Discovery," **Journal of Development Economics.** December, 2003.

HAUSMANN, R., CHAUVIN, J. **“Moving to the Adjacent Possible: Discovering Paths for Export Diversification in Rwanda”.** CID Abril, 2015 (texto para discussão, 294)

HAUSMANN, R., HWANG, J., RODRIK, D. “What you export matters”. **Journal of Economic Growth.** v.12, n.1, p.1-25, 2007.

HAUSMANN, R., SANTOS, M.A.; OBACH, J. **Appraising the Economic Potential of Panama: Policy Recommendations for Sustainable and Inclusive Growth.** CID May 2017. (Texto para discussão, 334)

HAUSMANN, R, *et al.* **“Jordan: The Elements of a Growth Strategy”.** CID February 2019. (Texto para discussão, 346)

HEINRICH, C., MAFFIOLI, A., VÁZQUEZ, G, **A Primer for Applying Propensity-Score Matching: Impact-Evaluation Guidelines.** Inter-American Development Bank, 2010.

HIDALGO, C.A. **“The Dynamics of Economic Complexity and the Product Space over a 42 year period,”** CID Kennedy School of Government, Harvard University, 2009. (Texto para discussão, 128)

HIDALGO, C.A. & HAUSMANN, R. “The Building Blocks of Economic Complexity,” **Proceedings of the National Academy of Sciences 106.** 10570-10575, 2009.

HIDALGO, C. *et al.* “The structural constraints of income inequality in Latin America”. **Integration & Trade Journal,** No. 40, p.70-85. Junho, 2016.

HIDALGO, C. et al. "Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality". **World Development Vol. 93**. pp. 75–93, 2017.

HIRSCHMAN, A. The Strategy of Economic Development. **Yale University Press: New Haven**. 1958  
IMBS J., WACZIARG R. Stages of diversification. **The American Economic Review**. 2003.

JESUS, F., KUMAR, U., ABDON, A., BACATE, M. Product Complexity and Economic Development. **Structural Change and Economic Dynamics**. 2012.

KARNIZOVA, L., LI, J. Economic policy uncertainty, financial markets and probability of US recessions. **Economics Letters**. N° 125, pg 261–265. 2014.

KEMP-BENEDICT, E. **An interpretation and critique of the Method of Reflections**. Stockholm Environment Institute. 2014.

KIDDER, M. **On The Treatment Effect of Exporting: New Methods Bring New Evidence**. 2015.

KOX, H., ROJAS-ROMAGOSA, H. Exports and productivity selection effects For Dutch firms. **De Economist**. 2010

KRUGER, J. (2008) Productivity and structural change: a review of the literature. **Journal of Economic Surveys**. Vol. 22, No. 2, pp. 330–363

LAI, D. Principal component analysis on human development indicators of china. **Social Indicators Research**. 2002

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**. 1992.

LENNOX, C. Identifying Failing Companies: A Reevaluation of the Logit, Probit and DA Approaches. **Journal of Economics and Business**. N° 51, PG 347-364. 1999

LEWIS, W. A. (1954) O desenvolvimento econômico com oferta ilimitada de mão-de-obra. In: AGARWALA, A. N.; SINGH, S. P. (Org.). **A economia do subdesenvolvimento**. [S.L.]: Forense, 1969.



LOECKER, J. Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia. **Journal of International Economics** 73, pg 69–98. 2007.

MAGGIONI, D. Learning by Exporting in Turkey: An Investigation for Existence and Channels. **Global Economy Journal** 12. 2012.

MARTINCUS, C., CARBALLO, J. Is export promotion effective in developing countries? Firm-level evidence on the intensive and the extensive margins of exports. **Journal of International Economics** 76, pg.89–106. 2008.

MCMILLAN, Margaret S.; RODRIK, Dani. Globalization, structural change and productivity growth. **National Bureau of Economic Research**. 2011.

MEALY, P., DOYNE FARMER, J., TEYTELBOYM, A. **A New Interpretation of the Economic Complexity Index**. 2018.

MIOZZO, M., “Sectoral Specialisation in East Asia and Latin America Compared”. **Brazilian Journal of Political Economy** 22, 4 (88), 48-68. 2012.

MISSIO, F., JAYME JR., F., BARBOSA., L. Taxa de câmbio real e mudança estrutural: diagnósticos e propostas. **Alternativas para uma crise de múltiplas dimensões**. Belo Horizonte. Cedeplar, 2018.

MOGHADAM, M., SAMAVATI, H. Predicting debt rescheduling by less-developed countries: a probit model approach. **Quarterly Review of Economics and Business**. Vol. 31, 1991.

MUKIM, M. **Does exporting increase productivity? Evidence from India**. London School of Economics, 2011.

NGUYEN, A., PHAM, N., NGUYEN, C., NGUYEN, N. Innovation and exports in Vietnam’s SME sector. **The European Journal of Development Research**. Vol. 20, No. 2, 262–280 Jun, 2008.

PALMA, J. G. Four Sources of “De-Industrialization” and a New Concept of the “Dutch Disease” in, Ocampo, J. A. (ed.) **Beyond Reforms Structural Dynamics and Macroeconomic Vulnerability**. United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7378/344340PAPER0Be101official0use0only1.pdf?sequence=1>. 2005.

PASINETTI, L.L. *Structural Change and Economic Growth: A Theoretical Essay of the Dynamics of the Wealth of Nations*. Cambridge: **Cambridge University Press**. 1981.

PREBISCH, R. (1962), “El desarrollo económico de América Latina y algunos de sus principales problemas”, **Boletín Económico de América Latina**, vol. 7, N° 1, Santiago, Naciones Unidas.

PUGLIESE, E., CHIAROTTI, G., ZACCARIA, A., PIETRONERO, L. **Complex economies have a lateral escape from the poverty trap**. Sapienza Università di Roma. 2015

PUGLIESE, E., CHIAROTTI, G., ZACCARIA, A., PIETRONERO, L. Complex economies have a lateral escape from the poverty trap. **PLOS ONE**. 2017.

RESENDE, A. **Avaliando resultados de um programa de transferência de renda: O impacto do Bolsa-Escola sobre os gastos das famílias brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Economia), UFMG, CEDEPLAR, 2006.

RIZZO, M. The economic determinants of the choice of an exchange rate regime: a probit analysis. *Economic Letters*, N° 59, pg 283–287. 1988.

ROMERO, J., SILVEIRA, F., JAYME JR., F. Brazil: structural change and balance-of-payments-constrained growth. **CEPAL REVIEW 105**. 2011.

ROMERO, J. et al. **The great divide: The Paths of Industrial Competitiveness in Brazil and South Korea**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 2015. (Texto para discussão, 519)

ROMERO, J., FREITAS, E. Setores promissores para o desenvolvimento do Brasil: complexidade e espaço do produto como instrumentos de política. **Alternativas para uma crise de múltiplas dimensões**. Belo Horizonte. Cedeplar, 2018.

ROSENBAUM, P. R., RUBIN D. B. The Central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**. v.70, n.1, p.41-55. 1983.

SAVIOTTI, P., PYKA, A., JUN, B. Education, structural change and economic development. **Structural Change and Economic Dynamics**. 2016.

SILVA, M., SILVA, J., BORGES, E. Análises de componentes principais para elaborar índices de desempenho no setor público. **Revista brasileira de biometria**. São Paulo, 2015.

SUTTON, J., TREFLER., D. Capabilities, wealth, and trade. **Journal of Political Economy**. 2016

TABACHNICK, Barbara G., FIDELL, Linda S. **Using Multiva Statistics 5th Edition**. 2007

TACCHELLA, A., CRISTELLI, M., GABRIELLI, A., CALDARELLI,. G., PIETRONERO, L. A New Metrics for Countries Fitness and Products Complexity. **Scientific Reports**. 2012.

TEAL, M. Are Manufacturing Exports the Key to Economic Success in Africa? **Journal african economies**. Vol 12, N° 1, pp. 1–29. 2003

TOLENTINO, C., SILVA, L., BRITTO, G. Mensurando sistemas nacionais de inovação: evidências a partir da análise multivariada de dados. **Revista Eletrônica Gestão & Sociedade**. Janeiro/Abril – 2017

ZACCARIA, A., CRISTELLI, M., KUPERS R., TACCHELLA, A., PIETRONERO, L. A case study for a new metrics for economic complexity: The Netherlands. **Journal of Economic Interaction and Coordination**. 2016

ZUCCOLO, B., KLISSURSKI, G. Diversification in the industrial sector of albania: identifying strategic áreas. **Center for International Development at Harvard University**. 2017.

ZUH, J. Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities. **European Journal of Operational Research**. 1997.

WAGNER, J. The causal effects of exports on firm size and labor productivity: first evidence from a matching approach. **Economics Letters** 77, pg. 287–292. 2002.

WAGNER, J. Exports and Firm Characteristics – First Evidence from Fractional Probit Panel Estimates. **University of Lüneburg Working Paper Series in Economics**. N° 97, 2008.

YANG, Y., MALLICK, Export Premium, Self-selection and Learning-by-Exporting: Evidence from Chinese Matched Firms. **The World Economy**. 2010.

YASAR, M., REJESUS, R. Exporting status and firm performance: Evidence from a matched sample. **Economics Letters** 88, pg. 397–402. 2005.