

Título: Produção de conhecimento tecnológico, inovação e desenvolvimento: construção de índices de complexidade utilizando patentes

Autora: Clara Silva Coelho (bacharel em ciências econômicas pela Universidade Federal de Minas Gerais)

Resumo: Este trabalho busca alterar a aplicação da abordagem da complexidade formulada originalmente por Hidalgo et al (2007) para análise da produção de conhecimento tecnológico, medido através de patentes. São calculados os índices de complexidade para as patentes, compatibilizadas por setores e para os países. Os resultados apontam deficiências dos indicadores, especialmente do índice de tecnologias, devido principalmente a problemas de representatividade e outros e outros problemas advindos do uso de patentes. Os testes feitos para o índice de complexidade de países indicam que os países não aproveitam suas capacidades tecnológicas, mas essa hipótese ainda deve ser corroborada por outras análises.

Palavras-chave: índice de complexidade, inovação, patentes, capacidades tecnológicas

Área temática: Economia

1. INTRODUÇÃO

Segundo Kuznets (1971), o desenvolvimento econômico é um processo complexo que envolve basicamente cinco mudanças: (i) a transferência de capital e trabalho de atividades de baixa produtividade para atividades de alta produtividade; (ii) acumulação de capital; (iii) produção de novos produtos utilizando novas formas de produção; (iv) urbanização; e (v) mudanças institucionais.

O foco deste trabalho está no terceiro componente apontado por Kuznets, mais especificamente no processo em que um país passa a ter condições de produzir novos produtos, ou criar novas formas de produção. Em outras palavras, o interesse está na inovação, em buscar uma forma de medir as capacidades de produzir tecnologias que um país possui, ou pode passar a possuir, em calcular a complexidade dos conhecimentos produzidos em diversas localidades e na relação destas componentes com oportunidades de desenvolvimento econômico.

Na próxima seção serão discutidos brevemente os papéis da tecnologia e da inovação na literatura de desenvolvimento econômico, tanto do ponto de vista teórico quanto empírico. Na seção 3 será detalhada uma metodologia de análise de complexidade que será aplicada para patentes e para países na seção 4, como tentativa de construção de indicadores. Na seção 4 estes indicadores serão analisados criticamente e, por fim, na seção 5 são feitas breves considerações finais sobre a construção dos indicadores sob a ótica do (sub)desenvolvimento econômico.

2. CAPACIDADES, COMPLEXIDADE, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO: DA TEORIA A EMPIRIA

Atualmente há relativo consenso sobre o papel da inovação no desenvolvimento econômico. É a partir de Schumpeter (1934) que começa a ser desenhada essa relação.

A inovação seria o motor do desenvolvimento, gerando disrupção no sistema e monopólio temporário ao agente inovador, o que estimularia novas inovações. Porém para que esse ciclo da destruição criadora realmente se cumpra é preciso que haja algum tipo de direito de propriedade sobre a inovação. Os tipos mais comuns de registro de propriedade intelectual são patentes, modelos de utilidade, obras de áudio e vídeo, desenhos industriais e as marcas. E existem também as modalidades informais de propriedade como os segredos industriais, que podem apresentar vantagens em relação às formais como não envolver custos na operação; a possibilidade de manter o monopólio por tempo indeterminado e o efeito imediato do segredo.

Para fins metodológicos as patentes são, invariavelmente, os dados mais utilizados para se tentar quantificar as inovações e a produção de conhecimento tecnológico. As grandes vantagens desses dados são: (i) a disponibilidade, em uma série histórica bastante longa; (ii) a quantidade e o detalhamento das informações disponíveis, não apenas referentes a própria patente e a área tecnológica, mas também dos inventores e depositantes e (iii) a pequena distorção associada aos dados fornecidos, já que os incentivos para tal fornecimento são claros e o preenchimento incorreto traria consequências claras – mais ou menos graves – para os autores das patentes, ao contrário de vários dados, como aqueles obtidos através de entrevistas.

Os problemas dos dados de patentes são claros e já foram nomeados diversas vezes na literatura (e.g. MACLAURIN, 1953; GRILICHES, 1990; PAVITT, 1988), e advém das diferenças institucionais entre os países, em relação ao custo-benefício de patentear. O rigor do exame, tamanho do mercado e preço do registro são fatores claros que alteram a decisão de patentear ou não entre os países, viesando a quantidade de inovação produzida no local. Além disso, existem diferenças entre tecnologias e setores, em relação à importância de patentear

como um mecanismo de proteção contra a imitação. E existem também diferenças mais sutis, como de propensão a patentear entre as firmas, relacionadas às estratégias descritas por Freeman (1997), ou seja, basicamente se a firma tem comportamento ofensivo, defensivo ou imitativo. Além do mais, as patentes não indicam o grau de inovação que uma patente representa, sendo que existem inovações pouco importantes que são registradas em partes, para garantir a salvaguarda de todo o produto/processo patentado, que aumentam “artificialmente” o número de inovações realizadas em determinado local.

Do ponto de vista do desenvolvimento econômico, é imperativo não se esquecer que a produção de tecnologia – inovação – é bastante distinta entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. E é “a geração de conhecimento incorporado em novos produtos e processos e a sua difusão por toda a economia que é a principal fonte de crescimento econômico” (RADOSEVIC, 1999, p. 2). Dessa forma, os teóricos do *catch up*, e não apenas eles – de forma geral, grande parte dos economistas –, reconhecem a importância das inovações e da difusão eficiente delas para tornar possíveis ganhos de produtividade, crescimento econômico e, possivelmente, o efetivo *catch up* (KUMAR; RUSSELL, 2002; FREEMAN, 1989; PEREZ; SOETE, 1998).

Historicamente, observa-se que os países desenvolvidos produzem as inovações que, de alguma forma, são incorporadas pelos países não desenvolvidos. Esse “atraso” pode trazer vantagens para os países que possuem menor produtividade já que possuem, portanto, uma oportunidade maior de crescimento ao incorporarem tecnologias. Em outras palavras, um país cujo estoque de capital tem um baixo nível tecnológico, pode aumentar muito a sua produtividade incorporando tecnologias relativamente simples. Ao longo do processo as oportunidades vão diminuindo, e é preciso incorporar tecnologias cada vez mais complexas e custosas, que por sua vez, necessitam certo nível de qualificação, ou, segundo Abramovitz (1986), “capacidades sociais”, para que possa realmente haver uma convergência da renda per capita entre os países, o *catching up*.

O processo de incorporação certamente não é passivo, o sucesso dos países nesse aspecto depende de esforços de adaptação e modificação, até que se obtenha localmente o conhecimento necessário para que se domine a produção da tecnologia. Pode-se imaginar que a incorporação tecnológica necessita apenas de qualificação local e políticas destinadas a este fim. Porém Perez (2001) defende que os países que realizaram melhor essa tarefa de incorporação tecnológica, o fizeram não só pelas políticas e pelas condições que o país apresentava, mas o sucesso também estaria relacionado à natureza das tecnologias produzidas no momento e nas oportunidades que estas criam.

Ou seja, não se pode negar que exista um desequilíbrio na produção e assimilação de novas tecnologias, o que, segundo Furtado (1992) seria a causa do subdesenvolvimento. Nos estágios mais avançados da industrialização, em que os países menos desenvolvidos passam a produzir bens mais modernos – quando há demanda interna para tal – são incorporadas tecnologias que não correspondem com o grau de acumulação de capital do país, em outras palavras, tecnologias inadequadas.

Do ponto de vista empírico, medir o papel do conhecimento no desenvolvimento e o potencial tecnológico de um país são tarefas nada simples. Archibugi e Coco (2004) criaram um índice multidimensional, medindo basicamente três dimensões das capacidades tecnológicas: (i) criação de tecnologia; (ii) infraestrutura tecnológica; (iii) desenvolvimento de habilidades. No grupo (i) são colocados os índices de: produção de patentes e de artigos científicos. No grupo (ii), penetração da internet; de telefone e consumo de eletricidade. E no grupo (iii) a porcentagem de alunos em áreas de ciência e engenharia; os anos médios de

escolaridade e a taxa de alfabetização do país. O índice, chamado ArCo¹ é calculado como a média ponderada de cada um dos grupos, sendo que às variáveis dos subgrupos também são atribuídos pesos idênticos. Os resultados obtidos são bastante razoáveis e estão próximos daquilo que seria esperado. Dos 162 países do trabalho original, com indicadores calculados principalmente para década de 1990, a Suécia lidera o ranking, seguida pela Finlândia, com os EUA em quarto lugar e o Brasil na posição de número 72.

Outra abordagem utilizando indicadores é a de Chen e Dahlman (2004), que utilizam um vetor de variáveis, cada uma delas representando um aspecto do conhecimento², em uma regressão de 92 países para o período 1960-2000. E os resultados obtidos, utilizando uma perspectiva clássica do crescimento – utilizando uma função de produção típica de Solow e calculando os determinantes da produtividade total dos fatores – indicam que o estoque de conhecimento de um país é um importante determinante do crescimento econômico de longo prazo. Por exemplo, os autores encontram que um aumento de 20% no número de patentes concedidas ao país no USPTO está associado a um aumento de 3,8 pontos percentuais no crescimento econômico anual. Esses esforços metodológicos são muito relevantes e trazem à tona resultados bastante interessantes, porém a construção desse tipo de indicador pode ser problemática a medida que enfrenta o “problema metodológico da ponderação, é oneroso e exige demasiadas informações” (RUA, 2004, p. 3).

Para além da medição de produtividade dos fatores, Hidalgo e Hausmann (2009) e outros autores da chamada abordagem da complexidade, analisam de forma bastante direta como as capacidades possuídas por um país estão relacionadas ao crescimento econômico e proporcionam maiores ou menores possibilidades de crescimento futuro. Os autores utilizam variáveis de resultado para inferir o nível de capacidades de cada país:

[...] nessa abordagem, países que possuem vantagens comparativas reveladas na produção de um determinado produto devem por consequência possuir as capacidades necessárias para a produção competitiva desse determinado produto. Dessa forma, segundo os autores, a complexidade de cada produto é uma função das capacidades requeridas para produzir esse produto. A complexidade da estrutura produtiva de um determinado país, por sua vez, é determinada pelo número de capacidades disponíveis no mesmo. Assim, observando então o número de bens produzidos por um país, e seu nível de competitividade, é possível então inferir o nível de capacidades acumulado pelo país (BRITTO; FREITAS; ROMERO, 2015, p. 418),

Uma questão associada a esta das capacidades é a das capacidades tecnológicas. É preciso compreender como as capacidades tecnológicas se relacionam com as capacidades produtivas, é preciso tentar medir essas capacidades e a relação delas com o desenvolvimento. Os países em desenvolvimento produzem os conhecimentos que são utilizados na produção de bens mais complexos? Ou ocorre apenas apropriação dos conhecimentos produzidos no centro e embebidos nas tecnologias que estes países importam?

No contexto mundial atual, vigora um paradigma baseado do conhecimento, no qual este é considerado o principal insumo produtivo (TIGRE, 2005, p. 216), e no qual as atividades associadas ao processo produtivo estão globalmente fragmentadas. Desta forma, pode ser mais interessante pensar em termos de produção de inovação do que produção de bens apenas com caráter exportador. Lederman e Maloney (2012) argumentam que a

¹ O índice é calculado padronizando-se todas as variáveis dos sub-grupos. É atribuído valor 1 para o país que obteve melhor resultado em determinado quesito e o valor dos outros países é obtido através de uma proporção simples.

² Os autores utilizam basicamente quatro dimensões: (i) capital humano e educação; (ii) inovação e adoção de tecnologias; (iii) nível de infraestrutura de tecnologias da informação e comunicação e; (iv) regime econômico e institucional.

produção de bens é extremamente heterogênea entre os países, em termos de qualidade e de formas de produzir. Um mesmo bem pode ser produzido com elevada tecnologia, ou de forma bastante rudimentar. E além disso, o país exportar o bem não significa necessariamente que ele usufrui da maior parte da renda, domina todas as tecnologias do produto e teria condição de usufruir das vantagens dos transbordamentos, *spillovers*. Ou seja, a exportação de um produto não é garantia de que o país exportador realmente possui as capacidades associadas a ele.

Este é um verdadeiro desafio para os países em desenvolvimento. É preciso que haja uma maior participação em outras áreas das cadeias globais de valor. É preciso possuir as capacidades tecnológicas necessárias para a plena produção de um bem, em diversos aspectos e não apenas na sua montagem. Para tentar entender algumas dessas questões, será utilizada a metodologia da complexidade, tentando sempre conectá-la aos aspectos do conhecimento. A apresentação da metodologia de forma mais detalhada e as modificações a ela feitas estão apresentadas nas próximas seções.

3. METODOLOGIA

O espaço de produtos é uma metodologia de análise empírica do desenvolvimento que busca medir as capacidades possuídas por países, em termos de produção, diretamente através das pautas de exportação. Países exportam os produtos que eles são mais capazes e o acúmulo das capacidades necessárias para que um país possa produzir bens mais complexos é de suma importância para o processo de desenvolvimento. Países que têm vantagem comparativa na produção de determinados produtos provavelmente as terão na produção de bens correlatos, já que se assume que estes necessitam de capacidades próximas para serem produzidos. E esse compartilhamento de capacidades certamente não existiria, ou seria muito pequeno, entre os produtos de gêneros muito distintos, como produtos in natura e carros e geladeiras, por exemplo (HIDALGO et al., 2007, p.484).

Em outras palavras, existem produtos próximos – que compartilham muitas das capacidades requeridas para a produção – e produtos pouco próximos, cuja produção implicaria na necessidade de aquisição de capacidades completamente distintas daquelas já possuídas pelo país. Formalmente, proximidade (será representada pela letra grega Φ) entre produtos i e j é o mínimo da probabilidade condicional de um país exportar um dos produtos dado que ele exporta o outro:

$$\Phi_{i,j} = \min\{P(VCR_{xi}|VCR_{xj}), P(VCR_{xj}|VCR_{xi})\} \quad (1)$$

Sendo VCR, vantagem comparativa revelada, conceito desenvolvido por Balassa (1965):

$$VCR_{p,i} = \frac{\text{participação do produto } i \text{ no comércio do país } p}{\text{participação do produto } i \text{ no comércio mundial}} \quad (2)$$

A interpretação é bastante simples. Se $VCR > 1$ o país possui elevada competitividade na produção desse determinado bem. Se $VCR < 1$ o país não é competitivo na produção do bem i .

Hausmann et al (2007) desenvolvem dois indicadores simples, porém muito informativos acerca da complexidade dos produtos e dos países. A complexidade do produto, chamada PRODY, é o nível de renda associado ao produto e é calculado como a média ponderada da renda per capita dos países exportadores do bem. Formalmente:

$$PRODY_i = \sum_p \left[\frac{(X_{pi} / \sum_i X_{pi})}{\sum_p (X_{pi} / \sum_i X_{pi})} \right] Y_p \quad (3)$$

em que x denota o valor das exportações do bem i pelo país p e Y é renda per capita.

A complexidade de um país, por sua vez, chamada EXPY, é o nível de produtividade associado à pauta de exportação do país e é calculado como a média ponderada (utilizando

como peso a participação relativa de cada produto nas exportações) da complexidade dos produtos exportados pelo país. Formalmente:

$$EXPY_p = \sum_i \left(\frac{X_{pi}}{\sum_i X_{pi}} \right) PRODY_i \quad (4)$$

Utilizando esses índices Hausmann et al (2007) mostraram que EXPY, a medida de complexidade econômica, é uma boa variável preditora do crescimento futuro do país (Hausmann et al. 2007, p.3). PRODY e EXPY podem, porém, não ser os melhores indicadores de sofisticação já que incluem variáveis de renda e da estrutura produtiva dos países, e assim endogenizam a explicação para a determinação da renda e a tornam circular: países ricos exportam bens de países ricos.

Hidalgo e Hausmann (2009) então aprimoraram essa abordagem e desenvolvem índices conhecidos como índices de diversificação e ubiquidade. Diversificação seria o número de produtos exportados com VCR por um país e ubiquidade o número de países que exportam determinado produto com VCR. Formalmente:

$$D_p = \sum_i M_{pi} \quad (5)$$

$$U_i = \sum_p M_{pi} \quad (6)$$

em que D é diversificação, U é a ubiquidade e M é uma variável binária que assume valor 1 caso o país p exporte o bem i com VCR e valor 0 caso contrário.

Os índices de diversificação e ubiquidade são bastante simples e também possuem algumas falhas quando usados como medidas de sofisticação. Produtos pouco ubíquos podem ter essa característica por outros motivos além de sua complexidade, como, por exemplo, os diamantes, que são produzidos por poucos países por se tratar de um recurso naturalmente escasso e não pela necessidade de capacidades diversas e complexas. Deve-se notar também que países com a pauta pouco diversificada mas que produzem produtos pouco ubíquos estão em melhor situação, i.e. são mais sofisticados, do que os países muito diversificados mas que exportam produtos muito comuns. O mesmo procede para os produtos: um produto pouco ubíquo produzido por países pouco diversificados deve ser considerado menos complexo do que um produto também pouco ubíquo mas que seja produzido por países de pauta mais diversificada.

Hidalgo e Hausmann (2009) desenvolveram então o chamado “método das reflexões”, que consiste no cálculo iterado do valor médio dos calculados da iteração anterior, a partir das equações 5 e 6³. Ou seja, começa com os índices de diversificação e ubiquidade, e termina quando as iterações não forneceram mais informações adicionais⁴. Para cada país as iterações pares dão medidas de diversificação e as ímpares de ubiquidade das exportações. E as medidas são análogas para os produtos: as iterações pares indicam ubiquidade e as ímpares a

³ No arcabouço do método das reflexões pode ser mais profícuo definir diversificação como:

$$K_{p,0} = \sum_{i=1}^{N_i} M_{pi}$$

E ubiquidade como:

$$K_{i,0} = \sum_{p=1}^{N_p} M_{pi}$$

assumindo as mesmas denominações das equações 5 e 6.

⁴ As iterações são calculadas da forma

$$k_{p,n} = \left(\frac{1}{k_{p,0}} \right) \sum_{i=1}^{N_i} M_{pi} k_{i,n-1}$$

$$k_{i,n} = \left(\frac{1}{k_{i,0}} \right) \sum_{p=1}^{N_p} M_{pi} k_{p,n-1}$$

em que n corresponde ao número de iterações. E não são obtidas informações adicionais das iterações anteriores quando os valores obtidos para n e n+1 não variam.

diversificação dos países que exportam o produto. Na tabela 1 observa-se o resumo das três primeiras iterações do método. As iterações de ordens mais elevadas têm interpretação bastante menos intuitiva⁵, mas para o escopo deste trabalho é suficiente saber que conforme o número de iterações aumenta os indicadores encontrados convergem para a média, em outras palavras, após um número suficiente de iterações os valores relativos obtidos permanecem praticamente inalterados (HIDALGO, HAUSMANN, 2009, p.9). Sendo essas iterações mais elevadas, i.e. combinações dos índices de sofisticação e ubiquidade, que Hidalgo e Hausmann (2009) e Felipe et al. (2012) utilizam como medidas de complexidade de uma economia e de um produto.

Tabela 1– Método das reflexões: informações dos três primeiros pares de informações derivadas das iterações

n	País	Produto
0	$k_{p,0}$; diversificação; número de produtos exportados pelo país p (quantos produtos são exportados pelo país p?)	$k_{i,0}$; ubiquidade; número de países que exportam o produto i (quantos países exportam o produto i?)
1	$k_{p,1}$; ubiquidade média dos produtos exportados pelo país p (quão comuns são os produtos exportados pelo país p?)	$k_{i,1}$; diversificação média dos países que exportam o produto i (quão diversificados são os países que exportam o produto i?)
2	$k_{p,2}$; diversificação média dos países com cesta de exportação similar à do país p (quão diversificados são os países exportando produtos similares aqueles exportados pelo país p?)	$k_{i,2}$; ubiquidade média dos produtos exportados por países que exportam o produto i (quão ubíquos são os produtos exportados pelos países que exportam o produto i?)

Fonte: HIDALGO E HAUSMANN (2009), Material Suplementar, p. 8

A aplicação desse esforço metodológico para tecnologias se daria através de algumas modificações. Tomando as 639 subclasses de patentes, extraíndo-as do banco de dados do escritório de patentes norte americano (USPTO, *United States Patent and Trademark Office*) e compatibilizando-as por setor tecnológico⁶, pode-se calcular a matriz de proximidades entre os setores. Para isso é preciso calcular as Vantagens Tecnológicas Reveladas dos países, que podem ser definidas como:

⁵ Iterações de ordens mais elevadas são combinações lineares de elementos das iterações anteriores e podem ser interpretados como a probabilidade de dois nódulos estarem conectados por um passeio aleatório depois de N passos, sendo N o grau da iteração (Hidalgo; Hausmann; 2009, Material Suplementar, p. 10).

⁶ É utilizada classificação SITC (*Standart International Trade Classification*), revisão 2. Diversos são os algoritmos de compatibilização, Lybbert e Zolas (2012) defendem que a melhor abordagem é a de probabilidades, chamada ALP e disponível no website da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO). Esse foi o método utilizado e nele, a cada classe IPC (*International Patent Classification*) é atribuída uma proporção de classificação SITC. Por exemplo, a classe IPC A01C (patentes associadas à plantio, sementeira e fertilizantes) corresponde 84% a classe 5629 SITC-rev2, de produtos fertilizantes; 10% a classe 7219 de máquinas ou aparelhos agrícolas e 6% a classe 2925, de sementes, frutos e esporos, utilizados em sementeira.

$$VTR_{p,i} = \frac{\text{Participação do produto } i \text{ nas patentes do país } p}{\text{Participação do produto } i \text{ nas patentes do mundo}} \quad (7)$$

A interpretação permanece bastante similar, se $VTR > 1$ o país possui elevada competitividade na produção de patentes associadas a este setor. Se $VTR < 1$ o país não é competitivo. A proximidade entre os setores seria calculada como em (1), apenas substituindo VCR por VTR.

As formas usuais de atribuir patentes a determinados países envolvem considerar o país de origem do inventor e no caso de múltiplos inventores, atribuir frações de participação a cada um deles, ou atribuir a patente inteiramente ao primeiro inventor. Neste trabalho será utilizada a segunda forma, não apenas por ser a mais utilizada na literatura e na divulgação de estatísticas pelos escritórios de patentes, mas também por ser mais simples e tornar os resultados mais intuitivos.

As medidas de diversificação e ubiquidade também podem ser facilmente calculadas para tecnologias. Diversificação seria o número de classes de patentes em que o país tem VTR e ubiquidade seria o número de países que têm VTR em determinada classe de patentes. Formalmente seria como definido em (5) e (6). O método das reflexões de Hidalgo e Hausmann (2009), analogamente, pode ser aplicado utilizando os índices de diversificação e ubiquidade calculados para patentes, e iterando-os. O resumo dos resultados está na tabela 2:

Tabela 2– Método das reflexões: informações dos três primeiros pares de informações utilizando as definições para classes de patentes

n	País	Patente
0	$k_{p,0}$; diversificação; número de classes de patentes em que o país p possui VTR (quantas classes são registradas pelo país p?)	$k_{i,0}$; ubiquidade; número de países que registram a classe de patente i com VTR (quantos países registram a classe i?)
1	$k_{p,1}$; ubiquidade média das classes de patentes registradas pelo país p (quão comuns são as classes de patentes registradas pelo país p?)	$k_{i,1}$; diversificação média dos países que registram a classe i com VTR (quão diversificados são os países que registram a classe i?)
2	$k_{p,2}$; diversificação média dos países com portfólio de patentes similar ao do país p (quão diversificados são os países que registram patentes similares àquelas registradas pelo país p?)	$k_{i,2}$; ubiquidade média das classes de patentes registradas por países que registram patentes da classe i (quão ubíquas são as classes de patentes registradas pelos países que registraram patentes da classe i?)

Fonte: Adaptado de HIDALGO E HAUSMANN (2009), Material Suplementar, p. 8

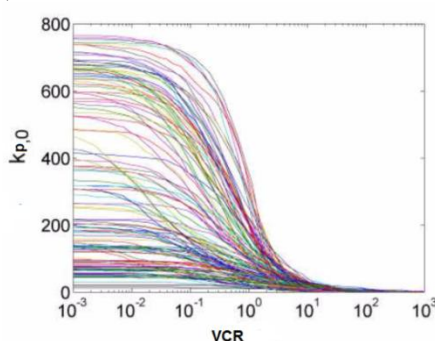
3.1. Críticas ao método

A abordagem das capacidades não é isenta de críticas na literatura. Os primeiros modelos, que utilizam apenas a pauta de exportação, podem ser insuficientes à medida que apenas a produção de um bem não garante que o país de fato possua as capacidades e possa aproveitar as vantagens associadas a esta produção – como mencionado nas primeiras seções

desse trabalho e presente em Lederman e Maloney (2012). Ao utilizar dados de patente e introduzir a esfera da produção de conhecimento, busca-se resolver este problema. O interesse central deste trabalho é exatamente compreender o papel da produção de conhecimento e as oportunidades advindas deste.

Uma crítica metodológica a respeito da validade de usar VCR como medida de competitividade e desenvolvimento da indústria está no material suplementar de Hausmann e Hidalgo (2009). A figura 2 é uma representação da relação entre a diversificação ($k_{p,0}$) e as vantagens comparativas reveladas, sendo que cada linha representa um país. Pela figura, pode-se observar que alguns países, para determinado nível de corte para VCR, exportam quase todos os produtos, de forma que os padrões de especialização são estão associados à falta de diversificação dos países menos desenvolvidos, e não necessariamente à ausência de países ricos em setores menos desenvolvidos (HAUSMANN E HIDALGO, 2009). Ou seja, a VCR dos países pobres em bens primários pode apenas indicar quão pouco diversificados eles são e não que a indústria local seja realmente competitiva.

Figura 2 – Diversificação ($k_{p,0}$) como função de níveis de corte de VCR para todos os países estudados (ano 2000)



Fonte: Adaptado de HIDALGO e HAUSMANN, 2009, Material Suplementar, p. 4

A validade de indicadores de competitividade tecnológica também pode ser questionada. Diversos países (inventores da patente que declaram residência em determinado país) não registram patentes, diversos registram muito poucas patentes e alguns poucos registram um volume muito grande de patentes. Essa grande variabilidade pode trazer problemas em termos de representatividade. Por exemplo, para o ano de 2010, 113 países registraram menos do que 10 patentes, no USPTO. E em relação aos setores⁷, observa-se uma falta de representatividade também bastante grave: 106 dos 789 setores possíveis (na revisão 2 da classificação SITC) não tiveram patentes associadas e 129 tiveram 5 ou menos. Esse problema de representatividade pode comprometer o índice VTR, já que a participação de um setor com poucos registros de patentes no total de um país pode ser alta (poucos países patenteiam muito) e a participação é ainda menor no mundo, conferindo vantagem tecnológica a um país que possivelmente registrou pouquíssimas patentes associadas ao setor e não possui, de fato, vantagem tecnológica como sinalizador de capacidade de produzir tecnologias associadas. Isso também se deve ao fato de que não está sendo levado em conta o teor das patentes, que podem representar apenas um incremento marginal em alguma parte da produção e não uma inovação que seria capaz de sinalizar efetiva capacidade tecnológica no setor.

Além disso, vale ressaltar que o comércio internacional é volátil a mudanças de demanda e estas podem se refletir nos índices, sem que haja de fato uma mudança estrutural. Utilizando uma série histórica mais ampla, esse problema tende a ser minimizado, e para

⁷ Classes de patentes compatibilizadas por setores, segundo a abordagem de probabilidades.

dados de patente esse aspecto deve ser ainda menos importante, pois patentear é uma decisão essencialmente de longo prazo e que reflete algumas condições de produção de conhecimento postas no país. Os principais problemas associados à confiabilidade e representatividade dos dados de patentes já foram mencionados nas primeiras seções deste trabalho. Porém, dados de patente ainda são as melhores variáveis de aproximação – proxy – para inovação. E a abordagem das capacidades, apesar dos problemas, se apresenta como uma alternativa interessante para a avaliação empírica do desenvolvimento, mas vale ressaltar que este enfoque os resultados por ele obtidos, não são respostas definitivas ao problema do subdesenvolvimento, mas são, possivelmente, mais uma ferramenta para esclarecer relações entre variáveis de interesse e ajudar na elaboração de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento.

4. ÍNDICES DE COMPLEXIDADE

4.1. Índice de complexidade de países (ICP)

O índice de complexidade de países é análogo ao índice de complexidade econômica, calculado por Hausmann et al (2014), utilizando dados de patente no método reflexivo. Os resultados estão descritos abaixo:

Tabela 3 – Países mais e menos complexos e principais classes patenteadas

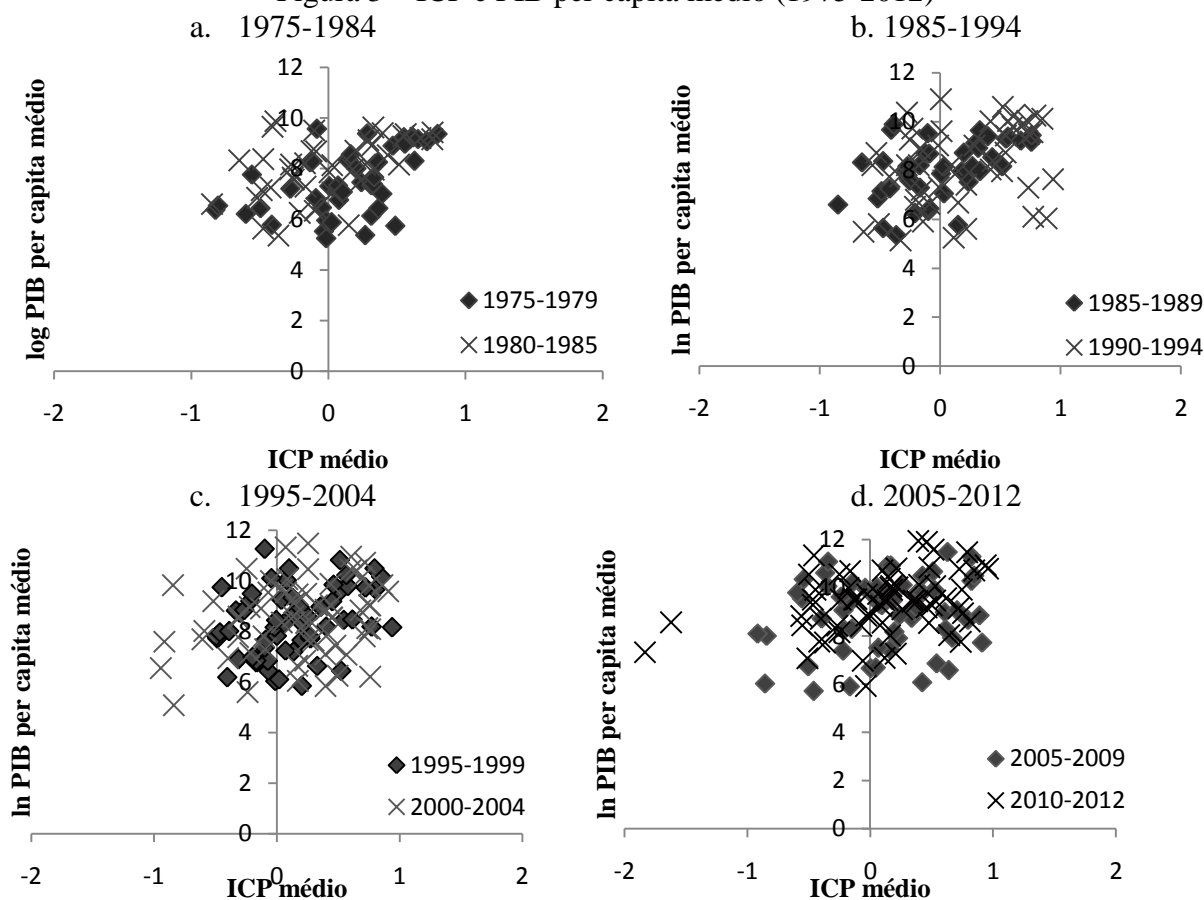
Período	ICP	País	Período	ICP	País
75-79			95-99		
Menores	-1,87	Arábia Saudita	Menores	-1,81	Armênia
	-1,28	Singapura		-1,62	Lituânia
	-1,20	Guatemala		-1,39	Rep. Dominicana
Maiores	1,29	Suíça	Maiores	1,07	Canadá
	1,17	Japão		0,99	Alemanha
	1,13	Alemanha		0,99	EUA
80-84			2000-04		
Menores	-1,29	Filipinas	Menores	-2,71	Lituânia
	-1,21	Egito		-2,21	Jamaica
	-1,15	Bermuda		-1,70	Armênia
Maiores	1,31	Alemanha	Maiores	1,15	Alemanha
	1,29	Suíça		1,02	Itália
	1,09	Japão		1,02	Canadá
85-89			2005-09		
Menores	-1,81	Barbados	Menores	-1,51	Paquistão
	-1,48	Egito		-1,48	Bermuda
	-1,13	Emirados Árabes		-1,29	Estônia
Maiores	0,87	Canadá	Maiores	1,34	Alemanha
	0,85	Taiwan		1,33	EUA
	0,84	Austrália		1,18	Canadá

90-94			2010-12		
Menores	-1,62	Egito	Menores	-1,62	Antilhas
	-1,58	Kuait		-1,38	Neerlandesas
	-1,15	Quênia		-1,36	Bulgária
Maiores	1,12	Canadá	Maiores	1,17	Alemanha
	1,11	EUA		1,14	Itália
	1,09	Taiwan		1,12	França

Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO

Pela tabela 3 pode-se perceber que, a princípio, o índice não viola o que seria esperado e condizente com a realidade. Ou seja, espera-se que um índice de complexidade para países, assim como o do Atlas de Complexidade Econômica, seja, de alguma forma, correlacionado com medidas como renda per capita e índices de desenvolvimento, como o IDH. Os índices de complexidade econômica também são bons preditores do crescimento futuro dos países (e.g HAUSMANN; HWANG; RODRIK, 2007; FORTUNATO; RAZO, 2014), mas esse aspecto – aplicado às patentes – não será diretamente abordado neste trabalho. Na figura 3 se observa a relação entre o índice de complexidade calculado neste trabalho e a renda per capita dos países, nos períodos selecionados.

Figura 3 – ICP e PIB per capita médio (1975-2012)



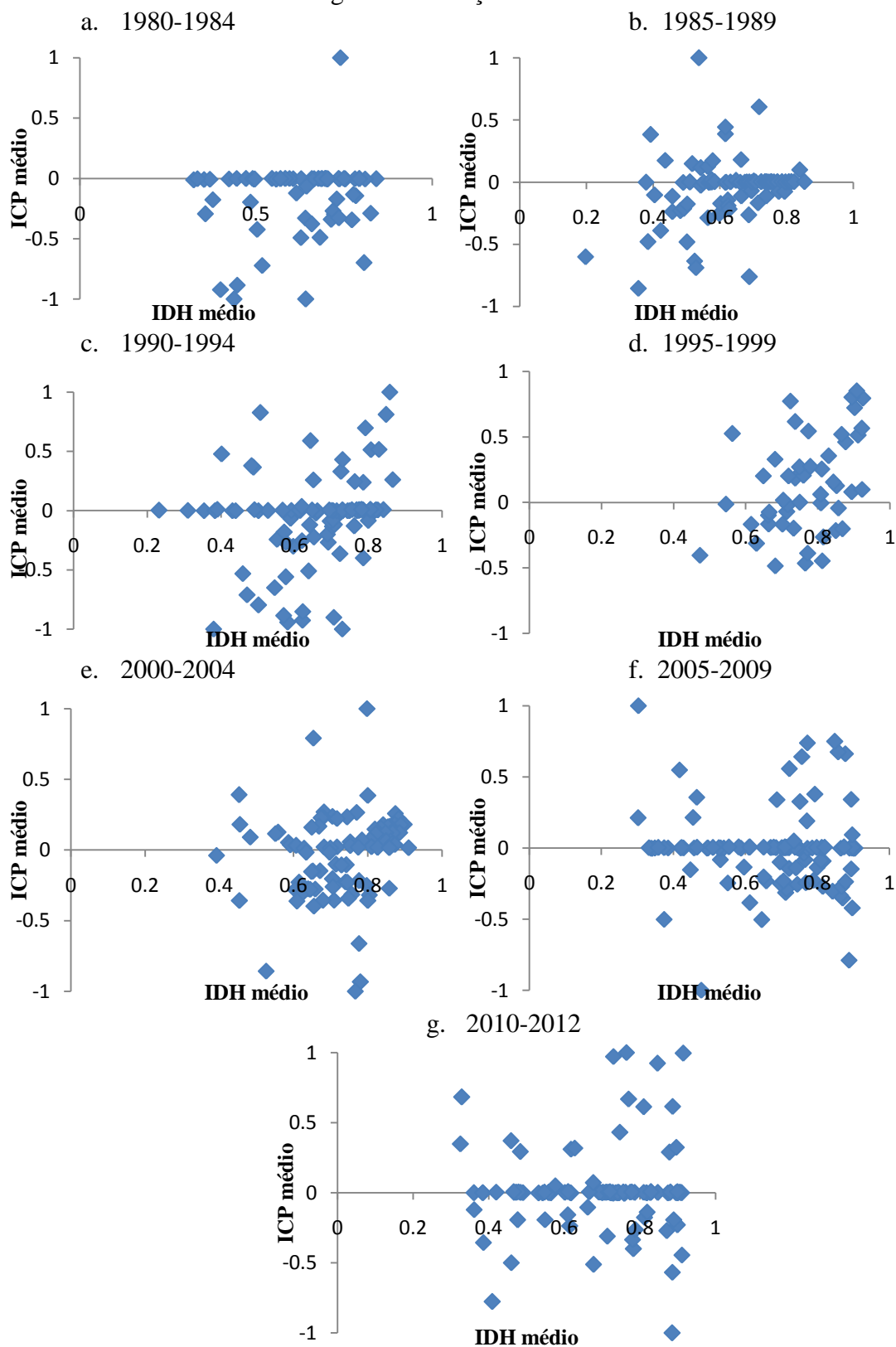
Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e Banco Mundial

Pela figura 3, pode-se observar que não há uma tendência clara e não há relação explícita entre o índice calculado e a renda per capita dos países. Isso pode indicar que a relação entre complexidade da produção de patentes do país (menos ubíquas e mais diversificadas) não está tão associada a renda como a complexidade da pauta de exportação está – já que bens menos ubíquos tendem a ser mais caros, por uma simples questão de oferta e demanda. O índice de complexidade dos países (ICP), da forma como é concebido neste trabalho, é uma tentativa de mensurar o grau de complexidade das tecnologias do país e de tentar inferir, indiretamente, as capacidades que os países possuem. Essencialmente, quem inova são seres humanos e a associação deste medida com indicadores de desenvolvimento humano e capital humano pode fazer mais sentido.

Dessa forma, foi feita uma análise simples da relação entre o ICP e o IDH, Índice de Desenvolvimento Humano. O IDH, indicador desenvolvido pelo Programa Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), é um indicador multidimensional que incorpora três pilares: saúde, educação e renda. O componente de saúde é medido pela expectativa de vida. Educação é medida pela média de anos de educação de adultos (maiores de 25 anos) e pela expectativa de anos de escolaridade para crianças. E a Renda Nacional Bruta per capita, expressa em paridade do poder de compra (valor constante em dólares de 2005), é a variável utilizada para medir o padrão de vida (PNUD, 2012). A relação entre os dois indicadores⁸ está apresentada na figura 4.

⁸ Nota-se que a série histórica para o IDH começa na década de 1980, por tal motivo não há gráfico para o quinquênio anterior.

Figura 4 – Relação entre ICP⁹ e IDH

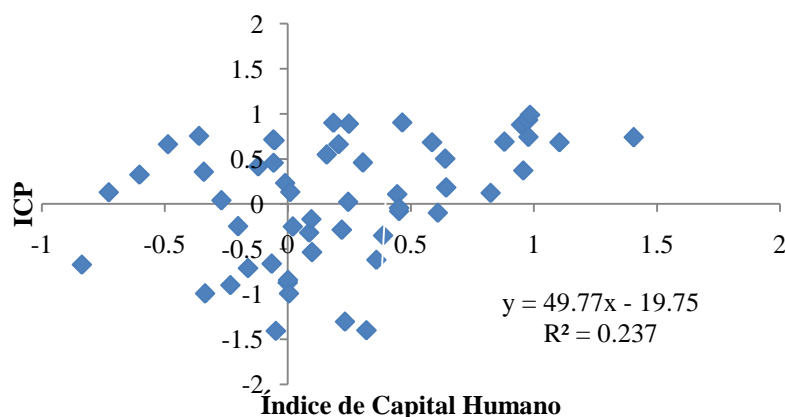


Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e PNUD

⁹ Os valores de ICP foram padronizados entre -1 e 1, com o maior valor observado no período assumindo o valor 1 e o menor -1, esse processo foi feito apenas para melhorar a aparência do gráfico e não causa alterações significativas nas relações entre as variáveis

A correlação com o IDH melhorou em relação à correlação apenas com a renda. Isso pode se dever ao fato da incorporação de novas componentes, especialmente as de educação que intuitivamente são correlacionadas com indicadores de tecnologia, já que a educação é o insumo básico para a produção de patentes. Porém, o IDH é uma medida que engloba a renda per capita e que, segundo McGillivray (1991), não acrescenta muito em termos de previsão em relação a indicadores puros, como o próprio PIB per capita. Seria mais adequado observar a relação entre ICP e indicadores de capital humano, já que este está associado “à posse de recursos intangíveis, como o conhecimento” (BECKER, 1962, p. 9). Indicadores de capital humano, por sua vez, são escassos na literatura e são esforços bastante recentes. O Índice de Capital Humano, desenvolvido pelo Fórum Econômico Mundial, teve sua primeira publicação em 2013 e a segunda edição no ano de 2015. O índice leva em conta quatro pilares: (i) educação; (ii) saúde e bem estar, (iii) força de trabalho e emprego e (iv) ambiente favorável, que tenta capturar aspectos associados à infraestrutura e colaboração, entre empresas ou entre universidades, institutos de pesquisa e empresas, por exemplo. No total, o índice contém 51 indicadores, sendo 12 no quesito (i), 14 no quesito (ii), 16 no (iii) e 9 no (iv). Os detalhes da construção do indicador e variáveis utilizadas podem ser encontrados em WEF (2013) e WEF (2015). A relação entre ICP e o Índice de Capital Humano, para o ano de 2012 está apresentada na figura 5.

Figura 5 – Relação entre ICP e Índice de Capital Humano (2012)



Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e WEF

A correlação encontrada foi de mais de 48%, e em uma regressão simples, a variação no Índice de Capital Humano explicaria mais de 23% da variação de ICP. Este resultado preliminar é bastante interessante, mas, por ainda não haver série histórica considerável o esforço de encontrar uma relação estável e duradoura fica impossibilitado.

Os resultados apresentados nas figuras 3, 4 e 5 podem ser indicativos de que os países não aproveitam suas capacidades tecnológicas, i.e as patentes não são aproveitadas e utilizadas na produção de bens mais complexos e, portanto, não são fontes de crescimento ou desenvolvimento econômico. Para testar essa hipótese de forma bastante simplificada foram selecionados seis países de interesse, dois que sempre estiveram em boa colocação no ranking de ICP (Alemanha e Canadá), um que esteve sempre em má colocação (Paquistão), dois como grupos de controle (Brasil, pelo conhecimento da realidade local e pela facilidade de analisar a validade do índice e Estados Unidos, por ser o país sede do escritório de patentes e consequentemente o que mais registra patentes) e a um país que não obteve bons índices, mas é público e notório que este país realizou o *catching up* tecnológico (Coréia do Sul). Na tabela

4 estão apresentados os valores de ICP no período¹⁰, o número de setores com vantagem tecnológica revelada (VTR), o número de setores com vantagem comparativa revelada (VCR), o número de setores em que o país possuía tanto vantagem em relação a produção de patentes, quanto vantagens de exportação e a porcentagem de aproveitamento do conhecimento tecnológico em relação a exportação (razão entre o número de setores com VCR e VCR e o número de setores com VCR).

Tabela 4 – Número de setores que possuem vantagens reveladas e que as compartilham, países selecionados (1980-2012)

	1980-1989	1990-1999	2000-2009
Alemanha			
ICP	0,90	0,92	1,24
Nº setores VTR	185	330	356
Nº setores VCR	270	246	250
Nº setores VTR e VCR	35	39	39
% aproveit. VTR	13%	16%	16%
Brasil			
ICP	0,25	0,56	0,82
Nº setores VTR	233	234	304
Nº setores VCR	128	139	156
Nº setores VTR e VCR	17	22	31
% aproveit. VTR	13%	16%	20%
Coréia			
ICP	0,09	0,17	0,38
Nº setores VTR	185	125	84
Nº setores VCR	136	104	87
Nº setores VTR e VCR	17	4	16
% aproveit. VTR	13%	4%	18%
Canadá			
ICP	0,81	1,10	1,10
Nº setores VTR	361	398	329
Nº setores VCR	126	138	160
Nº setores VTR e VCR	56	34	32
% aproveit. VTR	44%	25%	20%
Paquistão			
ICP	-0,15	0,07	-0,99
Nº setores VTR	39	61	65
Nº setores VCR	73	65	74
Nº setores VTR e VCR	2	2	2
% aproveit. VTR	3%	3%	3%

¹⁰ Os valores foram reagrupados para períodos de 10 anos por ser a média do tempo em que vigora uma patente, ou seja, é o período que o registro da patente faria mais sentido do ponto de vista prático.

Estados Unidos			
ICP	0,80	1,05	1,10
Nº setores VTR	404	403	440
Nº setores VCR	219	203	247
Nº setores VTR e VCR	38	30	45
% aproveit. VTR	17%	15%	18%

Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e UN Comtrade

Neste trabalho não serão abordadas as particularidades da cada caso, mas vale ressaltar que há uma tendência geral ao baixo aproveitamento tecnológico, mais agravada no Paquistão. Uma exceção seria o caso do Canadá, mas o aproveitamento neste país vem diminuindo ao longo do tempo. Na tabela 5 se encontram informações sobre os principais setores em que o país patenteia, os produtos que mais exporta e os principais setores em que há compartilhamento de vantagens¹¹ (VTR e VCR):

Tabela 5 – Setores principais: patentes, exportação e compartilhamento de vantagens, 1980-2009, países selecionados

	1980-1989	1990-1999	2000-2009
Brasil			
Principais setores/patentes			
	Válvulas	Resíduos de papel	Medicamentos
	Carros	Ferramentas intercambiáveis	Componentes heterocíclicos
	Máquinas colheitadeiras	Hidrocarbonetos cíclicos	Isoladores elétricos
Principais setores exportações			
	Café	Bagaços (tortas) vegetais	Aves, frescas ou congeladas
	Calçados	Café	Açúcar e cana
	Sucos de fruta	Minério de ferro	Soja em grãos
Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Manufaturas de amianto	Alumínio e ligas	Fio-máquina de ferro ou aço
	Alumínio e ligas	Ferro gusa e ferro fundido	Barras de ferro e aço
	Ferro gusa e ferro fundido	Folhas de aço	Óleos vegetais ou animais
Coréia do Sul			
Principais setores/patentes			
	Relógios e partes	Semi manufaturas de tungstênio	Relógios e partes
	Máquinas de solda e partes	Hidrocarbonetos cíclicos	Partes de circuitos eletrônicos
	Instrumentos para análise química e física	Relógios e partes	Vidro
Principais setores exportações			
	Navios e barcos	Microcircuitos eletrônicos	Microcircuitos eletrônicos
	Calçados	Carros	Carros
	Tecidos sintéticos	Navios e barcos	Partes e acessórios para máquinas de

¹¹ Principais setores que compartilham vantagens calculado como média normalizada das variáveis de receita de exportação e quantidade de patentes, cada uma com peso 0,5

			escritório
Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Calçados	Platina	Vidro
	Brinquedos para crianças	Objetos de cerâmica	Platina
	Barras e varetas de ferro/aço	Aparelhos ortopédicos	Chumbo e ligas
Paquistão			
Principais setores/patentes			
	Instrumentos científicos de medição	Compostos heterocíclicos	TV a cores
	Aeronaves	Alcatrões minerais	Partes e acessórios de telecomunicações
	Máquinas de tecelagem	Motores elétricos e geradores	Óleos leves
Principais setores exportações			
	Algodão cru	Fio de algodão	Fio de algodão
	Fio de algodão	Roupas de cama	Roupas de cama
	Arroz pilado	Tecidos de algodão	Tecidos de algodão
Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Fio de algodão	Tecidos de chenille	Fios de fibras regeneradas
	Ferro gusa e ferro fundido	Tecidos elásticos	Fenóis
	-	-	-
Canadá			
Principais setores/patentes			
	Válvulas	Componentes heterocíclicos	Equipamentos de escritório
	Instrumentos analógicos	Instrumentos analógicos	Relógios
	Carros	Carros	Calculadoras
Principais setores exportações			
	Carros	Carros	Carros
	Partes e acessórios para veículos	Caminhões e vans	Petróleo
	Caminhões e vans	Partes e acessórios para veículos	Gases de petróleo
Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Alumínio e ligas	Minérios concentrados de urânio e tório	Enxofre
	Papel e papelão	Papel para impressão	Papel e papelão
	Carne suína	Alumínio e ligas	Chumbo e ligas
Alemanha			
Principais setores/patentes			
	Motores a combustão	Carros	Carros
	Carros	Hidrocarbonetos cíclicos	Instrumentos analógicos
	Instrumentos analógicos	Motores a combustão	Motores a combustão
Principais setores exportações			
	Carros	Carros	Automóveis de passeio
	Partes e acessórios para veículos	Partes e acessórios para veículos	Transações especiais
	Máquinas para indústrias	Disjuntores e painéis	Aeronaves

especializadas

Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Medicamentos	Canetas	Medicamentos
	Bobinas de ferro ou aço	Medicamentos	Fenóis
	Tubos de ferro sem emendas	Tubos de ferro ou aço	Vidros de segurança
Estados Unidos			
Principais setores/patentes			
	Instrumentos analógicos	Instrumentos analógicos	Equipamentos de escritório
	Válvulas	Componentes heterocíclicos	Relógios
	Carros	Carros	Calculadoras
Principais setores exportações			
	Partes e acessórios para aeronaves	Microcircuitos eletrônicos	Microcircuitos eletrônicos
	Partes e acessórios para veículos	Partes e acessórios para veículos	Carros
	Milho	Aeronaves	Partes e acessórios para veículos
Principais setores compartilhando VTR e VCR			
	Milho	Medicamentos	Medicamentos
	Veículos de guerra	Hormônios	Glicosídeos
	Antiguidades	Veículos de guerra	Hormônios

Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e UN Comtrade

Pode-se observar pela tabela, que, em geral, os setores em há compartilhamento de vantagens não são os principais setores de produção de patentes e nem de exportação dos países. As particularidades de cada caso não serão abordadas, porém, os países desenvolvidos (Alemanha, EUA e Canadá) tendem a produzir mais patentes em setores tão ou menos complexos do que os produtos que exportam e os países subdesenvolvidos (Paquistão e Brasil) tendem a produzir patentes em setores muito mais complexos do que os produtos que exportam, indicando uma desconexão da produção de conhecimento e de exportação para este último grupo. Seguindo este critério, a Coreia se aproxima muito mais dos países do primeiro grupo.

4.2. Índice de complexidade de tecnologias (ICT)

A relação entre indicadores de complexidade e crescimento econômico foi bastante trabalhada na literatura. Hausmann, Hwang e Rodrik (2007) realizam diversos testes para os indicadores PRODY e EXPY. Neste trabalho não foram calculados esses índices para patentes, pelos já mencionados problemas, mas foram replicados alguns testes para o índice de complexidade das tecnologias (ICT). A tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas para o índice de complexidade das patentes (ICT), setorizado e agrupado em quinquênios, sem desconsiderar setores pouco representativos (com poucas patentes):

Tabela 6 – Estatísticas Descritivas do Índice de Complexidade das Tecnologias (ICT)

1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2012 ¹²
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------------------------

¹² Vale ressaltar que este período é composto por menos anos, o que viesaria o resultado do número total de setores com VTR, para resolver tal problema, foi calculado número médio de setores.

Número total de setores com VTR	2965	3093	2560	2729	2777	3129	3081	1877
Número médio de setores com VTR	593,00	618,60	512,00	545,80	555,40	625,80	616,20	625,70
ICT mínimo	-2,67	-3,27	-4,48	-2,98	-4,15	-5,33	-4,34	-5,12
ICT máximo	1,56	2,14	1,08	1,16	1,12	1,27	1,41	1,33
Desvio Padrão	0,58	0,71	0,62	0,67	0,68	0,79	0,78	0,83

Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e da divisão de estatística das Nações Unidas

Para ilustrar melhor o comportamento do índice, na tabela 7 se encontram os setores com maiores e menores valores do índice, o número de patentes registradas na classe no período, o número de países que registrou alguma patente na classe e os principais países que registraram patentes, seguindo o mesmo agrupamento temporal:

Tabela 7 – Maiores e menores valores de ICT

Período	ICT	Setor	Num patentes	Num países	Principais países patenteadores
1975-1980					
Menores	-2,67	Gasolina e outros óleos leves	297	23	EUA, Inglaterra, Rússia
	-2,43	Vidro	160	50	EUA, Japão, Alemanha
	-2,42	Equipamentos de isolamento elétrico	699	52	EUA, Japão, Alemanha
Maiores	1,56	Tabaco manufacturado	13	13	EUA, Inglaterra, Alemanha
	1,51	Peles de equinos e bovinos	8	6	Alemanha, EUA, Suíça
	1,51	Peles de vitelos	7	6	Alemanha, EUA, Suíça
1980-1989					
Menores	-4,48	Relógios e partes	9472	68	EUA, Japão, Alemanha
	-3,44	Máquinas de escrever e preencher cheques	3386	35	Japão, EUA, Alemanha
	-3,27	Gasolina e outros óleos leves	5817	74	EUA, Japão, Alemanha
Maiores	2,14	Tecidos de algodão estampados	5	5	Alemanha, EUA, Japão
	2,03	Peles de equinos e bovinos	2	8	Alemanha, EUA, Japão
	2,03	Peles de vitelos	2	8	Alemanha, EUA, Japão
1990-1999					
Menores	-2,98	Tungstênio, molibdênio, tântalo e magnésio, em formas brutas	14002	73	EUA, Japão, Alemanha

			7547	81	EUA, Japão, Alemanha
	-2,87	Ácidos carboxílicos			
			22637	66	EUA, Japão, Alemanha
	-2,84	Relógios e partes			
Maiores	1,16	Carne de cavalos, frescas, refrigeradas ou congeladas	4	11	EUA, Suécia, Suíça
	1,16	Ângulos, fôrmas e estacas-prancha de ferro/aço	4	11	EUA, Alemanha, Inglaterra
	1,14	Crina de cavalo e outros pelos (exceto lã)	3	11	EUA, Suécia, Suíça
2000-2009					
Menores	-5,33	Máquinas de escritório	40646	98	EUA, Japão, Alemanha
		Partes e acessórios para máquinas de processamento de dados	7530	84	EUA, Japão, Alemanha
	-5,21		32693	97	EUA, Japão, Alemanha
	-5,15	Máquinas de calcular			
Maiores	1,41	Manufaturas de madeira para uso doméstico/decorativo	5	15	EUA, Japão, Alemanha
	1,41	Produtos manufaturados (não especificados)	2	2	EUA, Grã Bretanha
	1,39	Madeira em formatos simples (não especificados)	2	10	EUA, Canadá, Taiwan
2010-12					
Menores	-5,12	Relógios e partes de relógios	22147	84	EUA, Japão, Alemanha
	-5,10	Máquinas de calcular, caixas registradoras	17962	86	EUA, Japão, Alemanha
	-4,94	Máquinas de escritório	796	27	EUA, Alemanha, Japão
Maiores	1,33	Roupas íntimas de malha de algodão	8	5	Alemanha, EUA, Suécia
	1,33	Roupas íntimas de malha de fibras sintéticas	2	5	Alemanha, EUA, Suécia
	1,31	Ângulos, fôrmas e estacas-prancha de ferro/aço	0,3	3	EUA, França, Alemanha

Fonte: elaboração própria com base em dados do USPTO e da divisão de estatística das Nações Unidas

Pode-se observar que os índices calculados dessa forma apresentam valores e ordens contra-intuitivos. Isso se dá principalmente por um problema de representatividade: a falta de representatividade de vários países e o excesso de representatividade de outros. Ou seja,

países como Estados Unidos, Alemanha e Japão produzem patentes de forma muito diversificada, abrangendo a maioria das classes. E países menos desenvolvidos concentram a produção de patentes em alguns setores, setores estes que vão ter o índice rebaixado, já que o cálculo é feito reflexivamente. Setores estes que tendem a ser de produtos mais complexos (seguindo Hausmann et al 2014) e desconexos dos setores em que o país exporta, como foi visto na tabela 5. Ou seja, países menos desenvolvidos concentram a produção de conhecimento em setores de ponta (menos que não os produza), o que inviabiliza o cálculo do índice de complexidade de produtos – para patentes – dessa forma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de metodologias empíricas para análise quantitativa dos processos de desenvolvimento e de mudança estrutural, é uma ferramenta bastante interessante, mas que não dá respostas definitivas ao problema do subdesenvolvimento. Uma das lacunas nestas metodologias, e que este trabalho buscou, preliminarmente, sanar, é a inclusão do aspecto da produção de conhecimento e de inovação.

Para um país que busca realizar o *catch up*, não basta passar a produzir os bens que os países ricos exportam, é preciso produzir como os países ricos produzem. E é preciso produzir a inovação. Dentro de um contexto em que a produção é fragmentada em pequenos processos, os ganhos advindos da produção de certos bens são reduzidos, os argumentos associados às tipologias de centro-periferia são cada vez mais válidos, o desenvolvimento potencial de transferências de tecnologias podem ser diminuídos e a facilidade de proteção da propriedade intelectual pode ser aumentada (KOBIN, 2007).

Os resultados, porém, demonstraram que os índices de complexidade para setores e para países, calculados da forma como foram neste trabalho, apresentam algumas deficiências. Deficiências ligadas principalmente à sub-representatividade de diversos setores e a outras características dos dados de patentes, que foram utilizados como proxy para inovação e produção de conhecimento tecnológico. Ademais, foi observada baixa correlação entre os índices de complexidade calculados e variáveis como crescimento da renda ou IDH. Isto pode sinalizar que o indicador não possui boa performance econométrica porque os países não aproveitam as suas capacidades tecnológicas e não são capazes de transbordar os efeitos da produção de conhecimento para a produção de bens de forma competitiva. Para corroborar esta hipótese foi feita uma análise bastante preliminar sobre o número de setores que compartilham vantagens reveladas em tecnologias e em exportação. Os resultados indicam que este número é bastante baixo e que países pouco desenvolvidos tendem a produzir patentes em setores muito mais intensivos em tecnologia.

Além de corrigir os cálculos dos indicadores, retirando os setores subrepresentados, são objetivos futuros a realização de análises mais aprofundadas e métodos mais robustos de análise empírica do desenvolvimento associado à produção de conhecimento. Especialmente o cálculo da rede, o espaço de tecnologias e o uso de econometria de forma mais sistemática, que podem ser ferramentas valiosas para uma compreensão mais profunda do papel da produção de tecnologias no contexto das cadeias globais de valor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVITZ, Moses (1986) Catching up, forging ahead, and falling behind. *The journal of economic history*, v. 46, n. 02, p. 385-406.

ARCHIBUGI, Daniele; COCO, Alberto (2004). A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). *World development*, v. 32, n. 4, p. 629-654.

BRITTO, Gustavo; ROMERO, João P.; FREITAS, Elton (2015). Competitividade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: BARBOSA, Nelson; MARCONI, Nelson; CÂNEDO, Maurício P.; CARVALHO, Laura. (Org.). *Indústria e desenvolvimento produtivo no Brasil*. 1ed. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, p. 417-440.

CHEN, Derek Hung Chiat; DAHLMAN, Carl Johan (2004) Knowledge and development: a cross-section approach. *World Bank policy research working paper*, n. 3366, 88 p.

FELIPE, Jesus et al. (2012) Product complexity and economic development, *Structural change and economic dynamics*, 23, p. 36-68.

FORTUNATO, Piergiuseppe; RAZO, Carlos (2014). Export sophistication, growth and the middle income trap. In: SALAZAR-XIRINACHS, Jose M. ; NUBLER, Irmgard; KOZUL-WRIGHT, Richard (ed). *Transforming economies: making industrial policy work for growth, jobs and development*. 1 ed. Genebra. International Labour Office

FREEMAN, Christopher (1989). New technology and catching up. *The european journal of development research*, v. 1, n. 1, p. 85-99.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc (1997). The economics of industrial innovation. *MIT Press*

FURTADO, Celso (1992). *Brasil: a construção interrompida*, São Paulo, Paz e terra, 87p.

GRILICHES, Zvi (1990). Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of economic literature*, 28, p. 1661-1707

HAUSMANN, Ricardo; HWANG, Jason; RODRIK, Dani (2007), What you export matters, *Journal of economic growth*, 12(1), p. 1-25.

HAUSMANN, R., HIDALGO, C. A., BUSTOS, S., COSCIA, M., SIMOES, A., YILDIRIM, M. A. (2014). *The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity*. Mit Press.

HIDALGO, Cesar; KLINGER, Bailey; BARABÁSI, Albert-László; HAUSMANN, Ricardo (2007). The product space conditions the development of nations, *Science*, 317, p.482-487.

HIDALGO, Cesar; HAUSMANN, Ricardo (2009). The building blocks of economic complexity. *PNAS*, vol. 106, no.26, p. 10570-10575

KOBRIN, Stephen J. (2007). Multinational firms, economic development, and the emergence of 'trade in tasks', *Mimeo*, The warton school, University of Pennsylvania

KUMAR, Subodh; RUSSELL, Robert (2002). Technological change, technological catch-up, and capital deepening: relative contributions to growth and convergence. *American economic review*, vol. 92, n. 3, p. 527-548

KUZNETS, Simon (1971). *Economic growth of nations: total output and production structure*. Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 363 p.

LEDERMAN, Daniel; MALONEY, William F. (2012). *Does what you export matter? In search of empirical guidance for industrial policies*. Latin american development series. Washington DC: World Bank, 148 p.

MACLAURIN, Rupert W. (1953). The sequence from invention to innovation and its relation to economic growth. *The quarterly journal of economic*, 67, p. 97-111

PAVITT, Keith (1988). Uses and abuses of patent statistics. In: A. F. J. van Raan (ed). *Handbook of quantitative studies of science and technology*. 1 ed. Amsterdam: Elsevier science publishers, p. 509-536.

PEREZ, Calota; SOETE, Luc (1998) Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, Giovanni et al. (eds). *Technical change and economic theory*, London: Francis Pinter, pp. 458-479.

PEREZ, Carlota (2001) Technological change and opportunities for development as a moving target. *Cepal review*, Santiago, Chile. p. 109-130.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2012). O que é IDH. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/IDH/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDH>. Acesso em 07 de dezembro de 2015.

RADOSEVIC, Slavo (1999). *International technology transfer and catch-up in economic development*. Edward elgar publishing: cheltenham, UK. 248p.

RUA, Maria das Graças (2004) Desmistificando o problema: uma rápida introdução ao estudo dos indicadores, *Mimeo*, Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, Brasil, 11p

SCHUMPETER, Joseph A. (1934). *The theory of economic development*. 1 ed. Cambridge, Massachusetts: Harvard University press. 224p.

TIGRE, Paulo Bastos (2005). Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. *Revista brasileira de inovação*, v. 4, n. 1 jan/jun, p. 187-223.

WEF, World Economic Forum (2013). The human capital report. *Insight report*, World Economic Forum, Genebra, Suíça, 547 p.

WEF, World Economic Forum (2015). The human capital report: employment, skills and Human Capital global challenge. *Insight report*, World Economic Forum, Genebra, Suíça, 319 p.