

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Administração

Mestrado Profissional em Administração

Emerson Vettori

INVESTIMENTOS, PRODUTIVIDADE E INOVAÇÃO:

Uma proposta de modelo econométrico para o crescimento da economia brasileira

Belo Horizonte

2016

Emerson Vettori

INVESTIMENTOS, PRODUTIVIDADE E INOVAÇÃO:

Uma proposta de modelo econométrico para o crescimento da economia brasileira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Fundação Dom Cabral, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de pesquisa: Inovação e Conhecimento.

Orientador: Dr. Hugo Ferreira Braga Tadeu

Belo Horizonte

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

V592i Vettori, Emerson
Investimentos, produtividade e inovação: uma proposta de modelo econométrico para o crescimento da economia brasileira / Emerson Vettori. Belo Horizonte, 2016.
116 f.: il.

Orientador: Hugo Ferreira Braga Tadeu
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Administração.

1. Investimentos. 2. Produtividade. 3. Desenvolvimento econômico. 4. Inovações tecnológicas. 5. Economia - Brasil. I. Tadeu, Hugo Ferreira Braga. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 33(81)

Emerson Vettori

INVESTIMENTOS, PRODUTIVIDADE E INOVAÇÃO:

Uma proposta de modelo econométrico para o crescimento da economia brasileira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Fundação Dom Cabral, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração.
Linha de pesquisa: Inovação e Conhecimento.

Orientador Prof. Dr. Hugo Ferreira Braga Tadeu (Fundação Dom Cabral)

Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva (Fundação Mineira de Educação e Cultura)

Prof. Dr. Rodrigo Baroni de Carvalho (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais)

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2016

*À minha esposa Danielle,
pelo apoio e amor ao longo desta jornada;
Aos meus pais,
por todo amor, esforço e dedicação;
Aos meus filhos,
pela inspiração e alegria que justificam cada esforço;
A Deus,
por permitir mais esta conquista.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo Ferreira Braga Tadeu pela dedicação e por entender a dificuldade de se fazer a transição do mundo executivo para o mundo acadêmico, pelas contribuições engrandecedoras que apresentou.

Ao Sr. Cassius Ricardo Fogagnolo Buda pela compreensão e apoio sem o qual não teria sido possível concluir este trabalho.

À família e aos amigos, que me acompanharam e torceram por mim, especialmente a minha esposa e aos meus filhos que entenderam o Papai estudando as noites, para poder entregar com qualidade um sonho sonhado há muito tempo.

Aos amigos do MPA6, os quais conquistaram minha confiança e admiração, pelo apoio e companheirismo.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Martin Luther King

RESUMO

A inovação é o resultado, em grande medida, de decisões de investimento tomadas por empresas e essas decisões são afetadas pelas mesmas condições que influenciam o investimento em geral, existindo ampla literatura demonstrando a relação entre investimentos em inovação e aumento da produtividade, bem como literatura que analisa os determinantes do investimento. No Brasil, devido aos limites econômicos e demográficos, o aumento da produtividade é apontado como fator essencial para a volta ao ciclo de crescimento econômico iniciado após a implantação do Plano Real, contudo parece não existir clareza sobre quais as ferramentas que melhor atendem a este objetivo em uma economia como a brasileira em um momento de crise, onde as taxas de investimento têm ficado ainda menores. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor um modelo econométrico de crescimento econômico baseado em inovação (MCBI), fundamentado em uma ampla revisão da literatura teórica e empírica sobre investimentos, produtividade e inovação, tendo como principais fundamentos os trabalhos de Hall *et al.* (2013), Tadeu e Silva (2013) e Katz *et al.* (2013). Pesquisas futuras poderão refinar o modelo MCBI e utilizá-lo para melhor compreender e simular os impactos das políticas públicas que tenham por objetivo aumentar a produtividade da economia brasileira, bem como, melhor compreender a relação entre investimentos, inovação e produtividade no Brasil, servindo como uma ferramenta no auxílio da tomada de decisão dos investimentos das empresas que tenham por foco o aumento da produtividade.

Palavras-Chave: Investimentos, Produtividade, Inovação, Crescimento Econômico, Digitalização, MCBI

ABSTRACT

Innovation is the result largely of investment decisions made by companies and these decisions are affected by the same conditions that influence investment in general, in the other hand, there is extensive literature demonstrating the relationship between investments in innovation and increase in productivity, as well as literature that analyzes the determinants of investment. In Brazil, due to economic and demographic limits, increase productivity is considered as an essential factor for a return to economic growth cycle started after the implementation of Plano Real, however it seems that there isn't clarity about which tools best meet this goal in a economy like Brazil in a time of crisis, where investments rates are getting lower. In this context, the objective of this work is to propose an econometric model of innovation-based economic growth (MCBI), based on a comprehensive review of theoretical and empirical literature on investment, productivity and innovation. This paper is based in former research done by Hall *et al.* (2013), Tadeu and Silva (2013) and Katz *et al.* (2013). Future research may use the MCBI model to better understand and simulate the impacts of public policies that aim to increase the productivity of the Brazilian economy, as well as, better understand the relationship among investments, innovation and productivity in Brazil, serving as a tool to aid decision making at firm level of investments that have a focus on increasing productivity.

Keywords: Investments, Productivity, Innovation, Economic Growth, Digitalization, MCBI.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	22
1.2 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA.....	23
1.3 OBJETIVOS	24
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1 MODELOS DE INVESTIMENTOS E CRESCIMENTO ECONÔMICO.....	27
2.1.1 MODELO DO ACELERADOR DE INVESTIMENTOS.....	27
2.1.2 MODELO DO ACELERADOR FLEXÍVEL.....	28
2.1.3 MODELO NEOCLÁSSICO DE CRESCIMENTO ECONÔMICO.....	29
2.1.4 MODELO ENDÓGENO DE CRESCIMENTO ECONÔMICO.....	32
2.1.5 O MODELO DE INVESTIMENTOS APLICADO A PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO	40
2.2 PRODUTIVIDADE.....	44
2.2.1 PRODUTIVIDADE E DIGITALIZAÇÃO.....	46
2.2.2 PRODUTIVIDADE RECENTE NO BRASIL.....	47
2.3 INOVAÇÃO.....	50
2.3.1 INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE.....	55
2.3.2 INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE NO BRASIL.....	75
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	79
3.1 ESTRATÉGIA E MÉTODO DE PESQUISA.....	79
3.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA DOS ARTIGOS ACADÊMICOS.....	80
4. MODELO ECONÔMETRICO.....	81
4.1 O MODELO DE CRESCIMENTO BASEADO NOS INVESTIMENTOS EM INOVAÇÃO.....	82
4.1.1 A DECISÃO DE INVESTIR	83
4.1.2 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO.....	85
4.1.3 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DE PRODUTIVIDADE.....	86
4.2 APLICABILIDADE DO MODELO MCBI.....	86
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	91
REFERÊNCIAS.....	95

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX, a proposição fundamental da teoria econômica consistia no fato de que o crescimento econômico sustentado era alcançado quando o produto marginal do capital investido era positivo. Em modelos de crescimento econômico neoclássicos (Cass, 1965; Jorgenson, 1963; Solow, 1956; Swan, 1956), a taxa de crescimento de longo prazo da economia depende das taxas de utilização do capital, do trabalho, da mudança tecnológica exógena, bem como da taxa de crescimento populacional. Nesses modelos, ao progresso tecnológico é atribuído papel crucial na manutenção de uma taxa positiva de crescimento da produção *per capita* em longo prazo, principalmente porque a mudança tecnológica é utilizada para compensar, continuamente, o retorno decrescente para o capital. Contudo os modelos de crescimento neoclássicos são fortemente criticados por não explicar um dos principais determinantes do crescimento econômico, o progresso tecnológico, uma vez que a taxa de mudança tecnológica, juntamente com a taxa de crescimento da população, são exógenas ao modelo (Guloglu & Tekin, 2012).

A partir do início da década de 1980, um conjunto de novos pesquisadores questionou a validade do modelo neoclássico para explicar o crescimento econômico, usando os conceitos propostos por Arrow (1962) de aprendizado pela experiência e de Uzawa (1965) em relação à melhoria da qualidade do capital humano por meio do treinamento, e acabaram por estabelecer a nova Teoria do Crescimento Econômico, também conhecida como Escola Endógena do Crescimento.

Começando com os trabalhos de pioneiros (Aghion & Howitt, 1990; Barro, 1991; Lucas, 1988; Romer, 1986), a escola endógena investiu uma quantidade considerável de esforço para tornar endógena a mudança tecnológica, por meio de sua modelagem usando funções de produção que consideram retornos constantes de escala para os investimentos na obtenção de conhecimento, quer seja ele advindo de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Romer, 1986, 1989), quer seja ele advindo de treinamento (Lucas, 1988), ou da compra de equipamentos, e levando em conta os efeitos do transbordamento desse conhecimento para a sociedade, bem como do conceito de destruição criativa associada ao processo de inovação (Schumpeter, 1942; Aghion & Howitt, 1990).

No século XXI, as economias estão cada vez mais baseadas no conhecimento, onde a inovação, incluindo a tecnológica, constitui o motor da competitividade e do crescimento econômico nacional de longo prazo (Jorgenson, 2001; Organização Cooperação para o

Desenvolvimento Econômico [OCDE], 2013). Em nível empresarial, a inovação, vista como o processo de transformação de ideias em novos produtos, serviços e processos de produção (Jones, 2002), leva a um uso mais eficiente dos recursos, aumentando a produtividade e levando a criação de vantagens competitivas sustentáveis. Além disso, a inovação é essencial para estimular o crescimento econômico e elevar padrões de vida.

Ao mesmo tempo em que surgia a escola do crescimento endógeno, se iniciavam as pesquisas de inovação, as quais comprovaram por meio de diversos trabalhos que aumentar os investimentos em inovação leva a um aumento da produtividade (Crépon, Duguet & Mairesse, 1998; Griliches, 1979, 1980; Hall & Mairesse, 1995; Hall, 2011; Mohnen & Hall, 2013; Schumpeter, 1942) da renda *per capita* e do estoque de conhecimento, elementos que reforçam-se mutuamente e levam a um crescimento sustentável de longo prazo (Crespi, Arias-Ortiz, Tacsir, Vargas, & Zuñiga, 2014b; Hall & Jones, 1999).

Contudo, a inovação é o resultado, em grande medida, de decisões de investimento tomadas por empresas e essas decisões são afetadas pelas mesmas condições que influenciam o investimento em geral. Com efeito, é importante considerar a qualidade da regulamentação, a proteção dos direitos de propriedade, o código tributário, o regime macroeconômico, a intensidade da concorrência e o desenvolvimento da infraestrutura, pois tudo isso afeta as decisões de investimento em inovação, algumas vezes até com mais intensidade que investimentos no capital imobilizado (Andrews & Crescuolo, 2013).

A geração e distribuição de ideias e informações age como o principal motor do crescimento econômico, e a internet de alta velocidade via infraestrutura de banda larga pode afetar as capacidades de inovação da economia por meio do desenvolvimento de novos produtos, processos e modelos de negócios para promover o crescimento. Além disso, a divulgação de informações de forma mais barata pode facilitar a adoção de novas tecnologias concebidas por outros, que, mais uma vez, promove o crescimento econômico (Nelson & Phelps, 1966; Benhabib & Spiegel 2005; Czernich *et al.*, 2011).

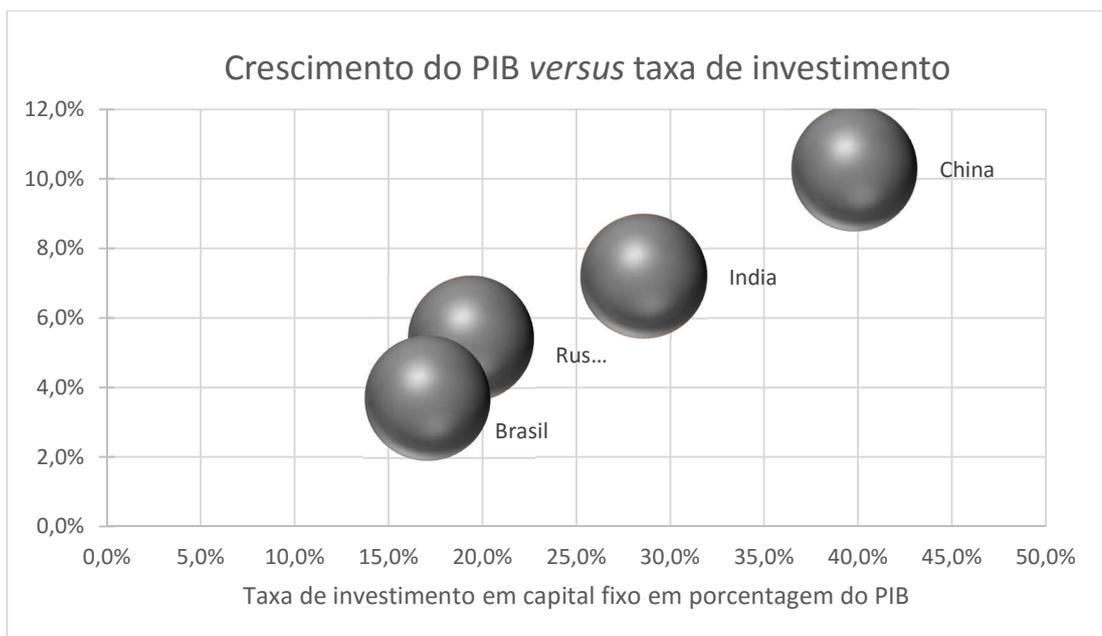
Para exemplificar o impacto dos investimentos em P&D e nas tecnologias de informação e comunicação (TIC), dentre elas a banda larga, pode ser citado o caso das indústrias italianas que, no período de 1995 até 2006, obtiveram retornos de investimento de 1000% e 4500% nos investimentos em P&D e TIC respectivamente. Assim, para cada euro investido em P&D e em TIC, as empresas obtiveram, respectivamente, 10 e 45 euros de retorno em receita no período (Hall, Lotti & Mairesse, 2013, p.16).

No cenário brasileiro recente, o ciclo de crescimento econômico estabelecido na primeira década dos anos 2000, baseado na apreciação dos commodities no mercado

internacional e no aumento da renda, do emprego e do consumo internos, perdeu a capacidade de, isoladamente, impulsionar a economia após a crise de 2008, razão pela qual o aumento da produtividade nesse novo contexto pós-crise tornou-se elemento central para a retomada do crescimento da economia brasileira (Bonelli & Fontes, 2013; Cavalcante & De Negri, 2014), fator que deve se somar aos investimentos em capital fixo, que são apontados pelo Banco Mundial (2015) como inferiores aos necessários para prover maior crescimento da economia brasileira.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2013), entre 2000 e 2009, a taxa média anual de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro alcançou 3,42%, em que apenas cerca de 30% desse crescimento pode ser atribuído ao aumento de produtividade, que ficou próxima a 1% ao ano (a.a.) no período (Bonelli & Fontes, 2013; Cavalcante & DeNegri, 2014). Trata-se de contribuição inferior à estimada no mesmo período para países emergentes como a China e a Índia, bem como para a Rússia, que obtiveram, respectivamente, 93%, 82% e 40% do crescimento econômico atribuído ao aumento da produtividade (Ukon *et al.*, 2013). Soma-se a isso, o fato de que esses países ainda obtiveram taxas de crescimento do PIB e taxas de investimento em capital fixo, Figura 1, superiores às apresentadas pelo Brasil (Banco Mundial, 2015; IBGE, 2013).

Figura 1 – Taxa de crescimento médio do PIB *versus* Taxa de investimento (FBCF) médio dos BRICS no período de 2000 até 2012.



Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados do relatório de contas nacionais trimestrais de 2013 do IBGE (2013) e dados do Banco Mundial (2015).

A análise das contas nacionais brasileiras no período de 1947 à 2011 reforça a recomendação do Banco Mundial (2015) e indica que existe uma forte associação entre a taxa de crescimento do PIB e a taxa de crescimento do estoque de capital fixo (FBCF), o qual tem ficado em torno de 17% na última década (IBGE, 2013). Os testes usuais de causalidade temporal sugerem que o crescimento do capital causa o crescimento do PIB mais fortemente que o crescimento do PIB causa o crescimento do capital. Um aumento da taxa de investimento e o da produtividade são fundamentais para o crescimento mais rápido da economia brasileira, considerada pró-cíclica. Vale ressaltar que 1% de aumento da taxa de FBCF pode elevar a taxa de crescimento do PIB brasileiro em 0,4% (Bonelli & Bacha, 2012).

Mantendo ainda nossa atenção para o caso brasileiro, dados recentes indicam que 73% do crescimento do PIB no Brasil entre os anos de 2000 e 2012 foram devidos aos setores produtores de serviços, os quais tiveram em seu conjunto apenas 0,3% a.a. de aumento de produtividade do trabalho, o que contribuiu para o baixo aumento da produtividade da economia como um todo (Bonelli & Fontes, 2013). Diversos estudos apontam que o setor de serviços possui uma abordagem inovativa mais incremental que a indústria (OCDE, 2005b; Crespi *et al.*, 2014b) e possui determinantes de inovação distintos aos apresentados pela indústria (Lööf & Hesmati, 2006; Hall, Lotti & Mairesse, 2013; Mairesse & Robin, 2009; Musolesi & Huiban, 2010).

Deve ser ressaltado que existe alta heterogeneidade entre os diversos setores de serviços no Brasil, com destaque positivo para os setores de intermediação financeira e serviços de tecnologia da informação e comunicações (TIC), que obtiveram aumento de valor agregado de 5,4% a.a. e 4,5% a.a. (Bonelli & Fontes, 2013). Esses setores são categorizados como Knowledge intensive Business Services (KIBS) (Miles, 1995), sendo considerados estratégicos na atual Era da Informação, em que a economia está baseada no conhecimento e na qual se reconhece a inovação como um dos principais fatores para o aumento do desempenho e da produtividade (Hall & Jones, 1999, Musolesi & Huiban, 2010; OCDE, 2013).

Desde o trabalho pioneiro de Solow (1956, 1957) é praticamente um consenso entre as diferentes escolas que se propõem a explicar o crescimento econômico a argumentação de que a mudança tecnológica e os investimentos explicam uma parte substancial do crescimento econômico (Cavalcante, 2015). Com efeito, as evidências mais recentes demonstram que parte relevante da mudança tecnológica é determinada pelos investimentos em inovação.

O comportamento dos investimentos em inovação é distinto entre empresas em países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim observou-se que investimentos em P&D e na obtenção de direitos de propriedade intelectual (DPI) constituem o foco no caso dos países

desenvolvidos membros da OCDE (Guloglu & Tekin, 2012), enquanto nos países em desenvolvimento, como os da América Latina, os investimentos têm foco em inovações incrementais geradas via tecnologia embarcada na compra de máquinas, equipamentos e softwares, que constituem parte dos investimento em capital fixo (Crespi *et al.*, 2014b).

Apesar de, nos países latino-americanos, os investimentos em capital fixo serem a principal fonte de inovação, como nesses países se investe pouco em P&D em comparação com os países desenvolvidos, os países latino-americanos acabam por possuir baixa capacidade absorviva do conhecimento, o que leva a uma queda no nível de produtividade desses países quando comparado aos países mais avançados (Crespi, Fernández-Arias, & Stein, 2014a).

De acordo com IBGE (2014) o dispêndio total em P&D no Brasil em 2012 atingiu 1,24% do PIB, e o setor privado contribuiu com 44,9% desse total, percentuais inferiores ao verificados no cenário internacional para os países mais desenvolvidos (OCDE, 2013). Enquanto no Brasil o setor privado investiu apenas 0,6% de sua receita em P&D, nos países membros da OCDE se investe 3,7% do PIB, dos quais 2,2% são oriundos do setor privado (Crespi *et al.*, 2014b).

O apoio público para as atividades de inovação é particularmente importante em tempos de recessão econômica, pois os investimentos em P&D são arriscados, com retornos incertos e de longo prazo. Por essa razão, as empresas, ao enfrentarem momentos de crise e de restrições financeiras, são suscetíveis a reduzir seus investimentos em P&D (OCDE, 2012; Freeman, Clark & Soete, 1982; Paunov, 2012; Schumpeter, 1939), com consequências para a economia e para a produtividade das empresas em longo prazo.

A importância do apoio público para a inovação pode ser verificada durante a crise econômica global iniciada em 2008, em que os dados macroeconômicos revelaram declínio geral das atividades de inovação, tanto nos países da OCDE (OCDE, 2012) quanto nos países latino-americanos, incluindo o Brasil (Paunov, 2012). O contraponto a esse declínio em investimentos em inovação foi a Alemanha, que, utilizando políticas públicas anticíclicas, investiu 12 bilhões de euros durante o período de 2009 até 2012 e obteve aumento nos investimentos privados em inovação mesmo durante a crise (Hud & Hussinger, 2014).

Existe ampla literatura confirmando ao nível da firma a relação positiva entre inovação, investimentos em P&D e produtividade (Crépon *et al.*, 1998; Crespi & Zuniga, 2012; Griliches, 1980; Hall & Mairesse, 1995; Hall, Lotti & Mairesse, 2013; Mohnen & Hall, 2013; Musolesi & Huiban, 2010; Raymond, Mairesse, Mohnen & Palm, 2013), bem como estudos empíricos demonstrando o impacto da produtividade no crescimento econômico em nível nacional (Bonelli, 2014; De Negri & Cavalcante, 2014; Fernald & Jones, 2014; Reikard, 2011).

No caso norte-americano, por exemplo, mais de 40% do crescimento da produtividade observado no período pós-guerra é explicado por investimentos em P&D (Jones, 2002; Fernald & Jones, 2014), além disso um aumento de 10% nos investimentos em inovação aumenta a produtividade do trabalho em 1%, ou seja, cada dólar investido em inovação gera um retorno de quase 4 dólares em receita (Griliches, 1980; 1986). No caso brasileiro, a baixa produtividade é apontada como consequência dos baixos investimentos em P&D realizados pelas empresas privadas (Cavalcante & DeNegri, 2014).

O quadro geral que se apresenta para a economia brasileira é que esta deverá alavancar seu crescimento por meio do aumento da produtividade (Cavalcante & DeNegri, 2014) e do investimento em capital fixo (Bonelli & Bacha, 2012). Por outro lado, a literatura aponta que investimentos em TIC e em P&D levam a um aumento da inovação, estando relacionada positivamente com o aumento de produtividade (Crépon *et al.*, 1998; Mohenn & Hall, 2013). Contudo, não é de nosso conhecimento trabalhos que apresentam estudos que utilizam o modelo endógeno de crescimento e que investiguem os determinantes dos investimentos privados em P&D e TIC e explorem a correlação desses determinantes com a produtividade no nível da firma para países em desenvolvimento durante uma crise econômica, como o caso brasileiro.

1.1 Problema de pesquisa

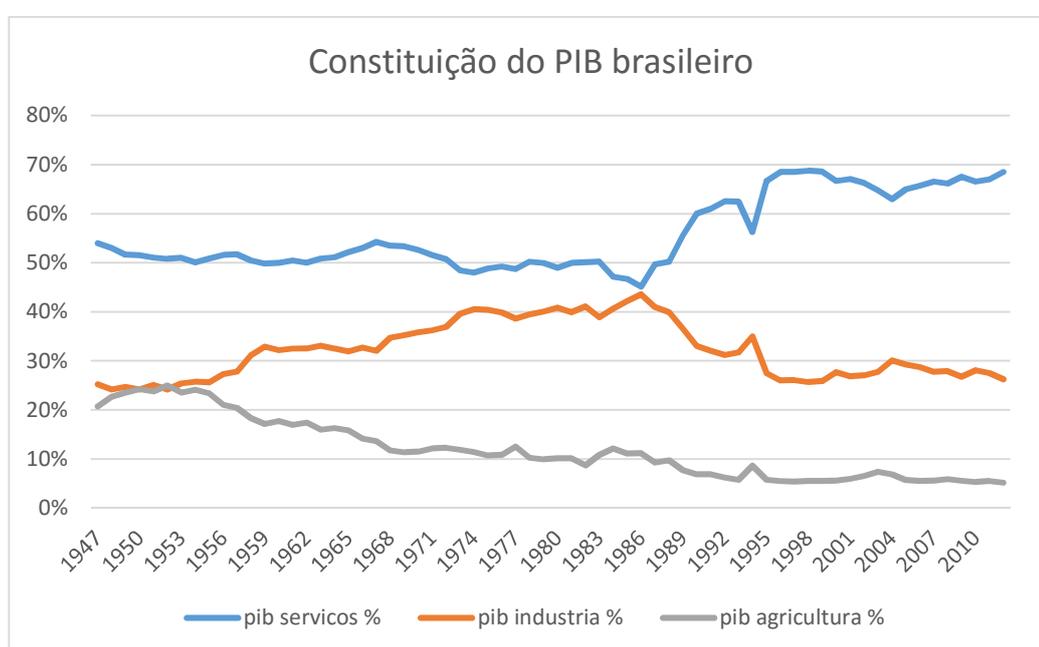
O aumento da produtividade é apontado como fator crucial para que a economia brasileira volte a crescer (Cavalcante & De Negri, 2015) e existe ampla literatura mostrando a correlação positiva entre investimentos em TIC (Czernich *et al.*, 2011; Hall *et al.*, 2013; Polder, Van Leeuwen, Mohlen & Raymond, 2010), investimentos em P&D e aumento da produtividade (Crépon *et al.*, 1998; Crespi & Zuniga, 2012; Mohnen & Hall, 2013), contudo, no Brasil, o investimento privado em P&D é da ordem de apenas 0,6% ao ano da receita, quase quatro vezes menor que o percentual encontrado em países mais desenvolvidos (Crespi *et al.*, 2014b) e, quanto aos investimentos e uso das TIC, o Brasil é considerado um país de transição quanto ao grau de digitalização (Katz, Koutrompis e Callorda, 2013).

Neste contexto nosso problema de pesquisa é explorar a existência e o grau da relação entre os investimentos em P&D e em TIC e o aumento da produtividade no nível da firma, buscando melhor compreender os determinantes daqueles investimentos e definir um modelo econométrico que sintetize esta relação.

1.2 Justificativa de pesquisa

Analisando-se os dados do IBGE (2013), Figura 2, é possível verificar que a participação do setor de serviços na economia brasileira acentuou-se no final da década de 80, sendo que este setor da economia é apontado por parte da literatura como um setor de baixa produtividade (Crespi *et al.*, 2014b).

Figura 2 – participação percentual dos setores de serviços, indústria e agricultura no PIB brasileiro desde o ano 1947 até 2012



Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados do relatório de contas nacionais trimestrais de 2013 do IBGE (2013)

A literatura também aponta que, apesar da inovação levar a um aumento da produtividade, aquela tem comportamento cíclico e os investimentos em inovação sofrem cortes durante momentos de crise (OCDE, 2012; Freeman *et al.*, 1982; Paunov, 2012). Soma-se a esse fato a existência de poucos estudos sobre os determinantes dos investimentos em inovação e seus reflexos sobre a produtividade de empresas de serviços em países em desenvolvimento (Commander *et al.*, 2011; Crespi & Zuniga, 2012;) e, de acordo com nosso levantamento bibliográfico, não há estudo para esses países durante crises econômicas como a que se abate sobre o Brasil.

Devido ao papel preponderante atual da produtividade na dinâmica econômica do Brasil e levando-se em consideração o atual estágio da literatura nacional, existe uma lacuna a ser

explorada, que refere-se à inexistência de um modelo econométrico que tendo a produtividade como variável dependente aponte os determinantes do investimento privado em P&D e em TIC e os correlacione com os resultados da inovação e com o aumento da produtividade nas empresas em países em desenvolvimento.

Nesse contexto, nosso problema de pesquisa consiste em propor um modelo econométrico que correlacione variáveis macroeconômicas como o nível de digitalização da economia e os incentivos públicos à inovação, com decisões microeconômicas, como os investimentos privados em P&D e TIC, buscando estabelecer a relação destes com o aumento da produtividade das empresas, que é nossa variável de interesse. Será usado como arcabouço teórico as teorias do crescimento econômico, produtividade, inovação e a literatura sobre as relações entre inovação, investimentos em P&D, investimentos em TIC e produtividade, de modo que, com base em uma visão macroeconômica, se possa avaliar as consequências na produtividade das empresas e, por consequência, o crescimento econômico do país, de incentivos à investimentos em inovação e à digitalização.

1.3 Objetivos

Visando contribuir para o melhor entendimento desta lacuna, este trabalho se propõe os seguintes objetivos específicos:

- Revisitar a literatura internacional que trata dos constructos produtividade, inovação, crescimento econômico e investimentos, permitindo traçar um panorama do atual estágio do conhecimento sobre estes constructos;
- Explorar a literatura contemporânea nacional sobre estudos empíricos que utilizaram as teorias de investimentos, da produtividade e da correlação entre inovação e produtividade.

Utilizando como base os resultados obtidos nos objetivos específicos, propomos o objetivo geral:

- Propor modelo econométrico que tendo a produtividade do trabalho da firma como variável dependente correlacione a mesma com investimentos em TIC, digitalização, investimentos em P&D e variáveis macroeconômicas.

Esta dissertação está estruturada em seis seções, incluindo esta introdução como primeira seção. Na segunda seção, é apresentado o referencial teórico, cobrindo teoria do crescimento, produtividade, inovação e a correlação entre inovação e produtividade. A terceira seção apresenta a metodologia da pesquisa, enquanto o modelo econométrico proposto para a economia brasileira é colocado na quarta seção e a conclusão bem como as recomendações

estão na quinta seção. A presente dissertação é finalizada na sexta seção, em que são apresentadas as referências e os anexos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A fundamentação teórica desenvolvida neste estudo trata da Teoria do Crescimento Econômico, da conceituação de produtividade bem como das principais vertentes para sua mensuração, da conceituação de inovação, da correlação entre inovação e produtividade, e, por fim, realiza levantamento da literatura contemporânea sobre esses temas no Brasil.

2.1 Modelos de investimentos e crescimento econômico

O empresário toma a decisão de investir com base na comparação entre a taxa de retorno esperada do investimento e o custo de oportunidade do capital a ser investido, o qual é dado pela taxa para obtenção de fundos ou de aplicação de recursos no mercado financeiro. Em qualquer decisão de investimento, portanto, o empresário deve antever a demanda futura e o lucro obtido pelo produto específico que será gerado pelo seu investimento, o que gera incerteza (Keynes, 1936).

A teoria keynesiana, além de pioneira em considerar as decisões de investimento como independentes na economia, forneceu diversos conceitos e ideias que, mais tarde, foram essenciais para o desenvolvimento de teorias econômicas sobre investimento agregado. As ideias de Keynes possibilitaram relevantes contribuições à literatura de investimento e foram incorporadas a diversos modelos de crescimento econômico, como o modelo de acelerador de investimentos.

2.1.1 Modelo do acelerador de investimentos

A teoria do acelerador dos investimentos (Clark, 1917, 1944) foi popular nos anos 1950 e no início dos anos 1960. O modelo do acelerador determina que o investimento constitui uma proporção linear das mudanças no produto, ou seja, dado um aumento na relação capital/produto, o investimento necessário estaria associado a um dado nível de crescimento do produto, de forma que a relação seja mantida constante. Assim, o investimento líquido seria proporcional à variação do nível de produto, de forma que:

$$\text{Investimento} = \Delta K = \alpha \Delta Y \quad (1)$$

em que K representa o capital, Y representa o produto, e α reflete a relação capital produto, suposta como uma constante.

Assumindo que o estoque desejado de capital (K^*) tem uma relação estável com o nível de produção (Y), o resultado do modelo é semelhante, tal que:

$$K^* = \alpha Y \quad (2)$$

Capital necessário como função do nível de produção desejado.

Considerando-se que o investimento é dado pela diferença do estoque do capital no decorrer do tempo, é obtido:

$$\text{Investimento} = K^*_{t+1} - K^*_t = \alpha Y_{t+1} - \alpha Y_t = \alpha (Y_{t+1} - Y_t) = \alpha \Delta Y \quad (3)$$

Investimento como função da variação da produção.

O modelo do acelerador de investimentos, equação 3, possui como limitações o fato de não considerar a defasagem temporal desde o processo de tomada de decisão e a implementação do investimento advinda dessa decisão, bem como por ignorar o fato de que o volume de investimento corrente apenas ajusta parcialmente o estoque de capital atual a seu nível desejado, ou seja, o nível de capital atual (K_t) depende do nível de capital no período anterior (K_{t-1}) e da velocidade com que a decisão de investimento é implementada.

2.1.2 Modelo do acelerador flexível

Para contornar as deficiências do modelo do acelerador dos investimentos, Harrod (1952) inseriu no modelo inicial a variável renda e variáveis defasadas, criando o modelo que passou a ser conhecido como Modelo do Acelerador Flexível, assim especificado:

$$(K - K_{t-1}) = \text{Investimento} = \lambda (K^* - K_{t-1}) \quad (4)$$

em que $0 < \lambda < 1$ indica a velocidade de ajustamento do estoque de capital. A equação de investimento obtida usando as equações 3 e 4 é dada por:

$$\text{Investimento} = \lambda (\alpha Y - K_{t-1}) \quad (5)$$

Investimento como função da variação na produção e da taxa de ajustamento do estoque de capital.

Ao comparar as equações (3) e (5), percebe-se que o modelo do acelerador simples pressupõe ajustamento instantâneo, com $\lambda = 1$, além de supor uma relação capital/produto constante.

Por não tratar de temas como o custo de capital e expectativas do investidor, o modelo do acelerador flexível passou por desenvolvimentos posteriores para superar essas hipóteses restritivas e englobar novas variáveis relevantes para determinação dos níveis de crescimento e investimento da economia.

2.1.3 Modelo neoclássico de crescimento econômico

No trabalho seminal de Solow (1956), houve a extensão do modelo do acelerador flexível, incluindo neste o custo de capital, a rentabilidade, o insumo trabalho. O autor propôs, em seu trabalho, a utilização de uma função de produção tipo Cobb-Douglas em que o produto interno de uma economia seria explicado pelo capital, pelo trabalho e pelo progresso tecnológico, descrevendo a interação entre essas variáveis explicativas e demonstrando que a taxa de poupança da economia é determinante da quantidade do estoque de capital e, conseqüentemente, do nível do PIB da economia. Assim, enquanto os modelos anteriores focavam essencialmente no investimento e consideravam que a decisão de investir estaria unicamente vinculada à expectativa de produção, no modelo neoclássico, o foco passou a ser o crescimento econômico e, como este estaria vinculado a outras variáveis além do nível de investimento.

O modelo de Solow (1956, 1957) deu início à escola neoclássica, podendo ser desmembrado esquematicamente em duas equações, a saber, uma função de produção, equação 6, e uma função de estoque de capital, equação 7. A função de produção, em relação a esse modelo, é representada pelas categorias capital (K), trabalho (L) e progresso tecnológico (A) e o produto está representado por Y:

$$Y=f(K, L) =AK^\alpha L^\beta \quad (6)$$

em que $\alpha+\beta = 1$.

Segundo o autor, capital e trabalho são intercambiáveis, sendo o estoque de trabalho determinado pelo tamanho da população e sua taxa de crescimento, e o estoque de capital depende do nível do produto interno bruto, Y , e do custo de capital, C_k , ou esquematicamente:

$$K^* = f(Y, C_k) = s^* AK^\alpha L^\beta \quad (7)$$

em que C_k representa o custo do capital e “s” a taxa de poupança.

De acordo com esse modelo, a mudança inexplicável no tempo do crescimento da produção, após a contabilização do efeito de acumulação dos fatores capital e trabalho, representa o aumento na eficiência com que a economia utiliza seus fatores de produção, aumento da eficiência que passou a ser chamado de Resíduo de *Solow* ou Produtividade Total dos Fatores (PTF).

Como o Resíduo de *Solow* mede o aumento exógeno da produtividade total dos fatores de produção, muitas vezes esse aumento é atribuído, inteiramente, ao progresso tecnológico, contudo também pode incluir qualquer melhoria permanente na eficiência com que os fatores de produção são combinados ao longo do tempo. Dessa maneira implicitamente o crescimento da PTF inclui quaisquer melhorias permanentes de produtividade, quer resultem de uma melhoria das práticas de gestão nos setores privado ou público da economia, quer advenham de novas tecnologias embarcadas em máquinas ou equipamentos, quer advenha de novos conhecimentos obtidos por meio de investimentos em P&D. Paradoxalmente, apesar do crescimento da PTF ser exógeno ao modelo, seu valor só pode ser estimado em conjunto com a estimativa do efeito do aumento de capital e do trabalho no crescimento (Chirinko, 1993).

Solow (1957) aplicou o modelo de crescimento neoclássico, equação 6, usando dados históricos de crescimento da economia norte-americana da primeira metade do século XX e obteve resultados que validavam as hipóteses propostas. Assim, apesar de não ter sido o primeiro a ligar a função de produção agregada à ideia de produtividade, esse autor representa uma das mais importantes contribuições na área de modelos de crescimento econômico. Utilizando uma função de produção com retornos constantes à escala e retorno marginal decrescente em relação aos insumos, o autor desenvolve um modelo por meio do qual se conclui que a acumulação do capital e o crescimento da força de trabalho, acompanhados de progresso técnico, são os responsáveis pelo crescimento do produto real da economia.

Jorgenson (1963) propôs uma teoria do investimento em capital fixo em nível da firma baseada na Teoria Neoclássica. Segundo o autor, a necessidade do estoque de capital de uma empresa competitiva é uma função positiva do seu nível de produção, o que pode ser tratado

como um *proxy* para o nível de demanda e a taxa de investimento em capital físico, I , seria função da taxa de depreciação dos bens de capital, δ , do estoque de capital, K^* , e do custo de capital, C_k , conforme equação 8. Ao realizar a extensão desse resultado para níveis mais agregados, como o da economia de um país, o PIB pode ser considerado como uma medida da demanda total do setor privado.

$$\frac{\partial I}{\partial C_k} = \delta * \frac{\partial K^*}{\partial C_k} \quad (8)$$

A taxa de investimento como função do estoque de capital e de sua taxa de depreciação e do custo de capital.

Tendo como ponto inicial o artigo seminal de Solow, diversos autores (Cass, 1965; Hall & Jorgenson, 1967; Jorgenson, 1963; Koopmans, 1965; Swan, 1956) foram propondo adequações no modelo neoclássico, incluindo melhorias como a contabilização da correlação serial dos investimentos e a relação entre taxa de investimentos e taxa de juros. Esquemáticamente, pode ser deduzido que o modelo passou a ser representado pela equação 9.

$$\text{Investimento} = \lambda [(\alpha Y / C_k) - K_{t-1}] \quad (9)$$

em que $0 < \lambda < 1$ indica a velocidade de ajustamento do estoque de capital.

De acordo com o modelo neoclássico, a taxa de crescimento em longo prazo depende do progresso tecnológico exógeno e os insumos capital e trabalho somente afetam o nível de renda *per capita* e o crescimento durante o período de transição, possuindo retornos decrescentes aos novos investimentos em capital e retornos constantes de escala (Cass, 1965; Solow, 1956, 1957; Swan, 1956).

Uma consequência teórica das premissas do modelo neoclássico constitui a convergência das rendas *per capita* dos países, pois, em modelos neoclássicos de crescimento, tais como Solow (1956, 1957), Cass (1965) e Koopmans (1965), a taxa de crescimento *per capita* de um país tende a ser inversamente proporcional ao seu nível inicial de renda *per capita*. Em particular, se os países são semelhantes em relação a parâmetros estruturais e em tecnologia, então os países pobres tenderiam a crescer mais rapidamente do que os países ricos, criando uma força que promoveria a convergência dos níveis de renda *per capita* entre os países.

Pode ser verificado que até a escola neoclássica do crescimento, não existiu nenhum estudo rigoroso que investigasse os determinantes do investimento, especialmente os efeitos

dos preços relativos sobre a aquisição de bens de capital (Chirinko ,1993). Vale ressaltar que o modelo keynesiano apenas introduziu informalmente os efeitos dos preços e choques da economia sobre o investimento, em que os benefícios e custos de aquisição de capital eram relacionados à eficiência marginal do capital e taxa de juros, respectivamente (Keynes ,1936).

2.1.4 Modelo endógeno de crescimento econômico

Ampla literatura usando o modelo de crescimento neoclássico foi gerada desde Solow (1956) (Cass, 1965; Hall, 1962; Hall & Jorgenson, 1967; Jorgenson & Griliches, 1967; Koopmans, 1965; Phelps, 1961; Samuelson, 1975) ,contudo, a partir do início da década de 1980, alguns autores passaram a questionar o modelo neoclássico, visto que os dados empíricos de diversas economias do período pós Segunda Guerra Mundial não confirmavam a convergência das rendas *per capita* entre os países e a necessidade de um fator exógeno para explicar o aumento da eficiência da economia era considerado uma aproximação rudimentar da realidade. Esses autores postulavam a tese de que o produto de economia poderia crescer mesmo sem alteração nos fatores capital e trabalho e sem obrigatoriedade de um fator exógeno (Aghion & Howitt, 1990; Barro, 1991; Lucas, 1988; Romer, 1986, 1989).

Uma característica geral da evolução dos modelos de crescimento econômico a partir da década de 1980 é a presença de retornos constantes ou crescentes em fatores endógenos que podem ser acumulados, como por exemplo a melhoria do capital humano por meio da educação (Lucas, 1988) e o aumento do capital humano por meio do aprendizado e dos investimentos em P&D (Aghion & Howitt, 1990; Romer, 1986, 1989).

Dentre os estudiosos da nova escola do crescimento, como também ficou conhecida a escola do crescimento endógeno, destacam-se Romer (1986) com o modelo AK de aprendizagem pela experiência, Lucas (1988) com o modelo AH de aprendizagem pelo estudo e Barro (1991) com o modelo de provisão de bens públicos. Esses autores, utilizando o referencial teórico dos trabalhos seminais de Arrow (1962) com o conceito de “*learning by doing*” e de Uzawa (1965) com o conceito de ganhos de eficiência pela educação, iniciaram a escola do crescimento endógeno.

Pertencente a escola neoclássica do crescimento, coube a Arrow (1962) estabelecer o conceito inicial a ser utilizado posteriormente pela escola endógena, o “*learning by doing*”. O autor propôs que a mudança tecnológica advém do conhecimento e que este cresce com o tempo por meio do aprendizado, visto que, no decorrer do tempo, são selecionadas as respostas mais adequadas para um conjunto de problemas decorrentes da atividade produtiva, criando, dessa

forma, uma função do progresso tecnológico, a qual é incorporada aos novos bens de capital, ocasionado um aumento de produtividade ao longo do tempo.

Para Arrows (1962), foi apenas com os estudos empíricos de Abramovitz (1956) e Solow (1956) que a Teoria Econômica passou a dar a real importância ao papel da mudança tecnológica no crescimento econômico. Arrow (1962), partindo da premissa de que os bens de capital têm um tempo de vida e que incorporam os avanços tecnológicos disponíveis em seu momento de criação, conclui que os bens de capital mais novos têm preferência de utilização na produção, pois são mais produtivos, visto terem sido produzidos com base na fronteira tecnológica mais atual, e postula a equação 10 para descrever a função de produção econômica.

$$Y = \int_{G'}^G \gamma(G) dG \quad (10)$$

em que Y = produção, $\gamma(t)$ é a capacidade produtiva do bem de capital criado no momento t e utilizado na produção e G é o investimento bruto.

Coube a Uzawa (1965) propor outro conceito central à escola endógena do crescimento, o capital humano como fator endógeno para explicar o crescimento econômico. Esse autor propôs que a mudança no conhecimento tecnológico está totalmente contida no insumo trabalho, podendo ser melhorado com base em investimentos em educação e ocasionando um aumento na eficiência da função de produção conforme equação 11.

$$Y(t) = F[K(t), A(t)L_p(t)] \quad (11)$$

em que $Y(t)$ denota produção anual, $K(t)$ o capital, $L_p(t)$ denota a força de trabalho utilizada na produção e $A(t)$ denota a eficiência do trabalho, a qual por sua vez representa o conhecimento tecnológico disponível no momento t .

Para Uzawa (1965), todas as melhorias que se refletem no aumento da eficiência do trabalho são representadas pelos investimentos no setor da educação, razão pela qual quanto maior a porcentagem da mão de obra total que é empregada no setor educacional, $L_e(t)$, maior é o ganho em produtividade na economia como um todo, contudo menor é o tempo disponível da mão de obra para o setor produtivo, $L_p(t)$, conforme equação 12.

$$L_{total}(t) = L_e(t) + L_p(t) \quad (12)$$

em que L_{total} denota a força de trabalho total.

Romer (1986) retoma a abordagem proposta por Arrow (1962) e considera que o crescimento de longo prazo é impulsionado principalmente pelo acúmulo de conhecimento. No modelo proposto pelo autor, novos conhecimentos são adquiridos por meio de investimento em P&D, conhecimentos estes que agem como fator endógeno que aumenta a eficiência do uso dos fatores de produção. Os novos conhecimentos possuem taxas de retorno crescentes, pois como não é possível manter o conhecimento totalmente em segredo, ocorre um efeito de externo do conhecimento gerado pela firma para o mercado, a externalidade, aumentando o estoque de conhecimento das demais firmas e, por consequência, gerando um aumento da produtividade agregada da economia como um todo.

Diferente de Arrow (1962) que considera que o aprendizado pela experiência fica contido no bem de capital em seu momento de produção e, assim, tem retornos decrescentes de produtividade em longo do tempo, à medida que o ativo de produção sofre depreciação, Romer (1986) considera que o estoque de conhecimento possui aumento de produtividade marginal positivo devido às externalidades do conhecimento e que apenas o retorno decrescente nos investimentos em P&D limitam a taxa máxima de crescimento de uma economia. Para Romer (1986) esse modelo explica porque os níveis de renda *per capita* de diferentes economias não tenham convergido no tempo, pois diferentes economias têm estoques de conhecimento e investimento em pesquisa distintos.

O modelo proposto por Romer (1986) também é conhecido como modelo AK e as externalidades do conhecimento, o aumento da produtividade marginal do estoque de conhecimento e a taxa de retorno decrescente nos investimentos em pesquisa formam o tripé que permite que o modelo endógeno de crescimento explique o crescimento de longo prazo sem a obrigatoriedade de fatores exógenos ao modelo.

Apoiando-se na abordagem de Uzawa (1965), Lucas (1988) postula que o estoque de conhecimento é o fator endógeno que explica o crescimento econômico quando os fatores de produção capital e trabalho mantêm-se constantes. Para esse autor, o estoque de conhecimento está contido no capital humano, podendo ser ampliado linearmente com o dispêndio de tempo gasto em treinamento.

O capital humano do ponto de vista econômico é fruto de uma atividade social, só podendo ser acumulado por um grupo de pessoas como um todo, dessa maneira, no modelo proposto, é assumida a hipótese de que os novos membros do grupo herdaram um nível de conhecimento equivalente aos membros mais antigos, obtendo retornos não decrescentes na acumulação do capital humano, em uma dinâmica social em que os membros mais velhos, à

medida que perdem a capacidade de aumentar seu estoque de conhecimento, realizam a transferência de parte desse conhecimento para os membros mais novos, sem a necessidade de incorrer em custos de capital para que essa transferência ocorra (Lucas, 1988).

O modelo de crescimento econômico proposto por Lucas (1988) baseado na aprendizagem pelo treinamento, ficou conhecido como modelo AH, e é visto pelo autor como mais adequado para a explicação do crescimento econômico por tratar-se de um sistema que pode funcionar apenas com fatores endógenos, podendo a produtividade da economia ser melhorada pelo aumento do capital físico e do capital humano, o qual sofre aumento linear como reflexo aos esforços de treinamento, independentemente do nível de estoque de conhecimento já atingido.

O modelo AH explica a pressão imigratória de pessoas qualificadas desde países pobres para países ricos quando é permitida mobilidade à mão de obra, visto que o capital humano tende a migrar para locais em que exista demanda e nos quais seja possível maximizar o retorno dos investimentos incorridos em educação. Por fim, o modelo AH resolve uma inconsistência do modelo neoclássico, o qual prevê a convergência da renda *per capita* dos países, fato refutado pelos dados empíricos, mas que são condizentes com o previsto pelo modelo AH (Lucas, 1988).

Romer (1989) propõe um modelo de crescimento econômico endógeno com mudança tecnológica, tendo os investimentos em pesquisa como fonte endógena dessa mudança. Nesse modelo um aumento na escala dos investimentos em pesquisa, como por exemplo no número de pesquisadores, leva a um aumento proporcional no crescimento da economia. Para o autor, as empresas que investem em projetos de pesquisa são agentes que buscam maximizar seus ganhos, assim trocam os custos atuais de investimentos em pesquisa por fluxos futuros de benefícios provenientes desses projetos.

Romer (1989) baseou-se em três premissas. A primeira é que a mudança tecnológica se baseia na melhoria das instruções para utilizar as matérias-primas que serão utilizadas para produzir os produtos finais, devendo a mudança tecnológica situar-se no cerne das políticas de crescimento econômico. A segunda premissa é que a mudança tecnológica surge em grande parte, por causa de ações intencionais tomadas por pessoas que respondem aos incentivos de mercado. A terceira e a mais importante premissa é que as instruções para utilizar matérias-primas são inerentemente diferentes das outras mercadorias econômicas, uma vez que o custo de criar um conjunto de instruções foi incorrido, as instruções podem ser usadas repetidas vezes, sem nenhum custo adicional. O desenvolvimento de novas e melhores instruções é equivalente

a incorrer em um custo fixo. Essa propriedade é considerada como característica da definição de tecnologia.

Romer (1989) estendeu o conceito de capital humano baseado no conhecimento (Arrows, 1962; Griliches, 1979; Romer, 1986) propondo que o conhecimento gerado por investimentos em pesquisa não é um bem público nem convencional, tratando-se de um insumo intermediário na produção, o qual não possui rivalidade em sua utilização, é parcialmente excludente e que tem um custo fixo na sua obtenção e uso. Assim inovações, quer sejam as patentes, *designs* ou instruções de manufatura e geradas por um pesquisador, por exemplo, continuarão a existir e a ser utilizadas mesmo após sua morte, continuando a gerar resultados sem custos adicionais, podendo ser utilizadas como um bem intermediário para a produção do produto final de um modo mais eficiente.

Para demonstrar como o estoque de conhecimento é acumulado, Romer (1989) propôs a equação 13, em que A^* é a taxa de aumento do conhecimento, A o conhecimento total acumulado, H_a a mão de obra dedicada a pesquisa, δ a produtividade de H_a . Nessa abordagem, quanto maior o número de pesquisadores maior será a taxa na qual o estoque de conhecimento irá crescer e conseqüentemente, maior será o crescimento da economia.

$$A^* = \delta H_a A \quad (13)$$

A taxa de aumento do conhecimento, A^* , é função do número de pesquisadores, H_a , do estoque de conhecimento, A , e da produtividade dos pesquisadores, δ .

Para Romer (1989), uma economia com um maior estoque total de capital humano experimenta crescimento econômico mais rápido. Para esse autor, o aumento do estoque de conhecimento é influenciado pela taxa de juros básica da economia, visto que a decisão de investir em pesquisa é sensível ao retorno do investidor.

Seguindo a abordagem proposta por Romer (1989) e Arrow (1962), Aghion e Howitt (1990) propuseram um modelo de crescimento econômico endógeno baseado em investimentos em P&D no qual foi adicionado o processo de destruição criativa proposto por Schumpeter (1942). Segundo os autores, o crescimento econômico resulta, exclusivamente, de progresso tecnológico, que, por sua vez, resulta da concorrência entre empresas de pesquisa que geram inovações, em que cada inovação consiste em uma nova linha de produtos intermediários que podem ser usados para produzir a produto final de forma mais eficiente do que antes.

Para Aghion e Howitt (1990), assim como para Romer (1989), as empresas de pesquisa são motivadas pela perspectiva de renda monopolista que pode ser capturada quando uma

inovação bem-sucedida é patenteada, contudo, para Aghion e Howitt (1990), essas rendas serão destruídas pela próxima inovação, pois esta tornará a atual linha de produção obsoleta, enquanto, para Romer (1988), uma inovação ficará disponível eternamente para ser utilizada como um bem intermediário na produção.

Barro (1990) assim como outros autores (Romer, 1986, 1989; Lucas, 1988;) afirma que os modelos endógenos de crescimento permitem entender como a economia cresce sem a necessidade de mudanças exógenas na tecnologia ou na população. Em seu trabalho, o autor propôs a inclusão dos serviços e gastos públicos dentro de uma função Cobb-Douglas, equação 46, para explicar o crescimento da produção, a qual seria fruto da combinação de capital privado e serviços públicos, os quais quando utilizados em separado apresentam retornos decrescentes, mas que em conjunto possuem retornos constantes de escala.

$$y = k \cdot A^{1-\alpha} \tau^{\alpha} \quad (14)$$

em que y representa a produção, k representa o capital privado, τ representa a taxa de impostos do governo e α representa a produtividade relativa dos serviços públicos com relação aos serviços da iniciativa privada, A representa a produtividade.

Em Barro (1990), o percentual que os impostos representam do PIB define o tamanho dos gastos do governo, g , e, por meio de dados da parcela de gastos produtivos, g / y , o modelo poderia prever a taxa de crescimento a longo prazo da economia e a taxa de poupança.

Barro (1991) usou o modelo teórico proposto por Barro (1990) para realizar um estudo empírico envolvendo um cross-section de 72 países e cobrindo o período de 1960 até 1985. O autor verificou que aspectos de serviços públicos afetam o crescimento econômico e o investimento privado, pois estes são afetados positivamente pelo direito de propriedade e pela taxa de investimento público, por outro lado, tanto o crescimento econômico quanto os investimentos privados têm correlação negativa com as despesas de consumo do governo.

Segundo Barro (1991), existe correlação positiva entre o nível de escolaridade da população, o que expressa a qualidade do capital humano e as taxas de crescimento da economia (Lucas, 1988), merecendo ressalva a forte interação negativa entre o crescimento da população e o investimento em capital humano, o que indica um *trade-off* entre a quantidade e qualidade das crianças do ponto de vista econômico.

Jones (1995) se contrapõe a Romer (1986, 1989) e a Aghion e Howitt (1990), pois considera que o aumento na taxa de crescimento dos países previsto nos trabalhos dos outros autores como sendo proporcional à intensidade dos investimentos em P&D, equação 14, não

encontra respaldo nos dados da economia pós segunda guerra mundial, quando esses dados contabilizam o número de pesquisadores dedicados à P&D. Assim, o autor propõe um modelo de crescimento baseado em investimentos em P&D, mas no qual a taxa de crescimento do conhecimento é dependente do número de pesquisadores e estes na taxa de crescimento da população, ou seja, um fator exógeno como a taxa de crescimento da população (Solow, 1956, 1957) modula o fator endógeno P&D, razão pela qual o modelo proposto por Jones passou a ser conhecido como modelo semiendógeno de crescimento.

Jones (2002) propõe um modelo de crescimento econômico baseado em ideias, em que o crescimento nos países em longo prazo é realizado por meio da implementação de ideias advindas de investimentos em P&D, em uma abordagem parecida com a de Romer (1989), Aghion e Howitt (1990) e Jones (1995). A inovação neste trabalho com relação aos anteriores está no fato de que, para Jones (2002), as ideias podem ter sido descobertas em qualquer parte do planeta, equação 15 e não apenas na economia analisada.

$$Y_t = A_t^\sigma K_t^\alpha H y_t^{(1-\alpha)} \quad (15)$$

em que Y é a produção, A é o estoque de ideias disponível para a economia, K é o capital físico, $H y$ é a quantidade de capital humano empregado na produção. Com $0 < \alpha < 1$ e $\sigma > 0$.

Para Jones (2002), a quantidade de capital humano, equação 16, é definida pelo esforço de mão de obra, L_{yt} , e pelo volume de capital humano de cada indivíduo, o qual é adquirido por meio do tempo de treinamento, L_{ht} , fruto do investimento em tempo que cada indivíduo fez ao longo de sua história (Mincer, 1974; Lucas, 1988; Bils & Klenow, 2000).

$$H_{yt} = e^{\omega L_{ht}} L_{yt} \quad (16)$$

em que $\omega > 0$.

O estoque de ideias em longo prazo é proporcional ao esforço mundial de investimentos em P&D, que, por sua vez, é proporcional à população dos países inovadores (Jones, 1995). Por essa razão, o efeito de escala associado a não rivalidade do uso das ideias opera em escala global nesse modelo (Jones, 2002).

Arnold, Bassanini e Scarpetta (2007) testaram para uma amostra de 21 países da OCDE no período de 1971 até 2004, se o crescimento econômico desse bloco seria melhor explicado pelo modelo neoclássico de crescimento (Solow, 1956) aumentado com o capital humano ou

por meio do modelo endógeno de crescimento (Uzawa, 1965; Lucas, 1988) com retornos constantes de escala para o capital "amplo" (humanos e físicos). Os autores exploraram diferentes restrições não lineares implícitas por esses dois modelos e os resultados apontam que o modelo de crescimento endógeno Uzawa-Lucas é o que melhor explica o crescimento do bloco de 21 países da OCDE no período estudado.

Arnold *et al.* (2007), constataram que a velocidade de convergência da renda *per capita* nos países estudados é rápida demais para ser compatível com o modelo de Solow, mas é consistente com o modelo Uzawa-Lucas com retornos constantes de escala, tendo encontrado que os investimentos no capital humano têm um efeito de crescimento de longo prazo, entre 6% a 9 % sobre a produção adicional para cada ano adicional investido em educação.

Para Czernich *et al.* (2011), no contexto do modelo de crescimento endógeno, em que a geração e distribuição de ideias e informações age como o principal motor do crescimento econômico, a internet de alta velocidade via infraestrutura de banda larga pode afetar as capacidades de inovação da economia por meio do desenvolvimento de novos produtos, processos e modelos de negócios para promover o crescimento. Além disso, a divulgação de informações de forma mais barata pode facilitar a adoção de novas tecnologias concebidas por outros, que mais uma vez promove o crescimento econômico (Nelson & Phelps, 1966; Benhabib & Spiegel 2005; apud Czernich *et al.* 2011). Para os autores, isso também sugere que *spillovers* de conhecimento codificados entre empresas e regiões podem constituir outro canal pelo qual a tecnologia da informação em geral e implantação de banda larga em particular podem afetar o crescimento econômico.

Czernich *et al.* (2011) analisaram os efeitos da infraestrutura de banda larga no crescimento econômico usando como base os modelos de crescimento endógeno (Romer, 1986, 1989; Barro, 1991) e usando dados de 25 países membros da OCDE para o período de 1996 até 2007. Os resultados encontrados pelos autores revelam que a introdução e a difusão da banda larga tiveram um impacto importante sobre o crescimento do PIB *per capita*.

Segundo Czernich *et al.* (2011), logo após um país introduzir a banda larga, o PIB *per capita* é de 2,7 a 3,9 por cento em média superior ao valor de antes de sua introdução. Em termos de difusão posterior, um aumento da taxa de penetração da banda larga em 10 pontos percentuais eleva o crescimento anual do PIB *per capita* de 0,9 a 1,5 ponto percentuais. Esses valores são um pouco inferiores aos encontrados por Koutrompis (2009) para um conjunto de 15 países da OCDE no período de 2003 até 2006, que estimou um impacto médio de 0,63% no PIB *per capita* após a implementação da banda larga.

Sobreira, Nunes e Rodrigues (2012) testaram para uma amostra de 23 países incluindo o Brasil, para o período de 1875 até 2005, se o crescimento econômico seria melhor explicado pelos modelos neoclássicos (Solow, 1956), endógeno (Romer, 1986, 1989) ou semi-endógeno (Jones, 1995, 2002). Para realizar a análise, os autores testaram três hipóteses excludentes, a primeira, denominada “*constant trend*”, estabelece que os países crescem a uma taxa constante em longo prazo independentemente de variações sazonais no crescimento, a segunda, denominada “*level shift*” (Jones, 1995, 2002), estabelece que as alterações na taxa de crescimento geradas por investimentos, em P&D por exemplo, apenas alteram o nível de renda *per capita* mas não a taxa de crescimento de longo prazo dos países e, por fim, a terceira hipótese, “*slope shift*”, é caracterizada por mudanças permanentes na taxa de crescimento da economia após investimentos, como os feitos em P&D (Romer, 1986, 1989).

Sobreira *et al.* (2012) encontraram evidências favoráveis para a hipótese de “*constant trend*” em dados de nove países: Áustria, Alemanha, Suíça, Canadá, Estados Unidos, Chile, Suécia, Austrália e Nova Zelândia. Os resultados dos testes suportam a hipótese de “*level shift*” para seis países: França, Holanda, Brasil, Japão, Dinamarca e Itália. Por fim, os autores classificaram no grupo dos países “*slope shift*” a Bélgica, Uruguai, Finlândia, Noruega, Reino Unido, Sri Lanka, Portugal e Espanha.

Fernald e Jones (2014), utilizando o modelo semiendógeno proposto por Jones (2002) e analisando o crescimento econômico dos Estados Unidos desde 1950 até 2007 encontraram que o aumento da produtividade do trabalho foi de 2% no período analisado. E 58% desse aumento foi devido aos investimentos em P&D, 20% pelo aumento no capital humano e 20% pelo aumento da população, valendo ressalva o fato que a relação capital/produto de Solow (1956) obteve 0% de impacto no aumento da produtividade. Esses valores são condizentes aos encontrados por Jones (2002), para o período de 1950 até 1992, que encontrou 49% de contribuição para P&D, 32% para educação, 10% para aumento da população e 4% para aumento de capital e por Reikart (2011), que encontrou uma contribuição de 40% de P&D no aumento da produtividade norte-americanas pós segunda guerra.

2.1.5 O Modelo de investimentos aplicado a países em desenvolvimento

A partir do início da década de 1980, um conjunto de pesquisadores utilizando o modelo de crescimento neoclássico (Jorgenson, 1963; Solow, 1956; Swan, 1956) e os dados de países em desenvolvimento, empreenderam um conjunto de estudos empíricos buscando entender os efeitos das políticas de investimento público no crescimento dessas nações e os impactos desses

investimentos e das condições macroeconômicas sobre os investimentos privados nos países em desenvolvimento.

Sundarajan e Takur (1980) utilizando o modelo proposto por Jorgenson (1963, 1971) investigaram os efeitos do investimento público e das variáveis macroeconômicas sobre o investimento privado na Índia e na Coreia do Sul durante o período de 1960 até 1976. Os autores propuseram um modelo de investimento, poupança e crescimento, e buscaram verificar como a taxa de juros impactava os investimentos privados, bem como se os investimentos públicos seriam complementares aos investimentos privados, gerando ganhos de produtividade na economia e tendo uma correlação positiva com os investimentos privados, fenômeno denominado *crowding-in*, ou se os investimentos públicos seriam substitutos aos privados, concorrendo com estes na obtenção dos recursos disponíveis e gerando um incentivo negativo para os investimentos privados, fenômeno denominado *crowding-out*.

Os resultados encontrados por Sundarajan e Takur (1980), referentes à Índia indicam que o investimento público teve em curto prazo forte efeito de *crowding-out* e um efeito de *crowding-in* nos períodos subsequentes, sem, contudo, anular o efeito negativo inicial por um longo período, acabando por gerar um fraco aumento do PIB. Já no caso da Coreia do Sul os resultados indicam um forte efeito de *crowding-in* tanto no curto quanto no longo prazo e um crescimento do PIB. Em ambos os países, uma forte reação do capital foi encontrada quando ocorriam mudanças na demanda, sendo essa resposta mais rápida na Coreia do Sul. Os resultados também indicaram que a taxa de juros tinha um efeito forte e imediato na Índia, com um efeito de substituição e surtia um efeito fraco na Coreia do Sul na propensão de investir.

Seguindo o trabalho seminal de Sundarajan e Takur (1980), um conjunto de pesquisadores passou a desenvolver trabalhos visando obter melhor entendimento dos determinantes do investimento privado em países em desenvolvimento, conforme Tabela 1, partindo do modelo inicial proposto pelos autores e incluindo outras variáveis explanatórias para a variável dependente investimento privado. Dentre os trabalhos recentes que analisaram os determinantes do investimento privado na economia brasileira, destacam-se o trabalho de Luporini e Alves (2010) bem como o trabalho de Tadeu e Silva (2013).

Tabela 1 – Estudos empíricos sobre determinantes do investimento privado em países em desenvolvimento

Métodos e variáveis macroeconômicas	Tadeu, H.B., & Silva, J.T. (2013)	Luopirini, V., & Alves, J.D. (2010)	Santos & Pires (2007)	Ferreira (2005)	Melo & Rodrigues Junior (1998)	Rocha & Teixeira (1996)	Stuart, G. (1992)	Grenne & Villanueva (1991)	Sundararajan, V., & Takur, S. (1980)
País pesquisado	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil	23 países em desenvolvimento	Índia e Coreia do Sul
Período analisado	1996-2011	1970-2005	1995-2006		1970-1995	1965-90	1972-89	1975-87	1960-76
Técnica	MQO	MQO	MCE	MQO	MCE	MCE	MQO	MV	MQO
Modelo Teórico**	N.R.C.I	N.R.C, I, RD			N.R.C.I	N	RC, I	N, I, RD	N, CR
Investimento privado	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Impostos	X	-	X	X	-	-	-	-	-
Utilização da capacidade	X	X	-	X	-	-	X	-	-
Crédito	X	X	-	X	-	-	X	-	X
Investimento público		X	X	X	X	X	X	X	X
Investimento público em infraestrutura	X								
Investimento público não infraestrutura	X								
Preço relativo de produtos de capital	X	-	X	X	X	X	-	-	-
Inflação (proxy de incerteza)	X	X	-	X	X	-	X	-	-
PIB	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Custo capital (r)	X	X	-	X	X	-	X	X	X
Dummies (proxy de crises)	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Divida externa	-	X	-	-	-	-	-	-	-
R2****	0.956	0.921	-	0.952	0.89	0.85	0.98 ajustado		0.95
Variáveis em logaritmo	Sim (exceto r)	Sim (exceto r)	Sim	Sim (exceto r)	Sim (exceto r)	SIM	-	-	-

Fonte: elaboração pelo autor

Notas: * m, mce, mv representam mínimos quadrados ordinários, modelo de correção de erro e máxima verossimilhança.

** N, RC, I, RD significam neoclássico, restrição de crédito, instabilidade e restrição de divisas

*** Não podem ser comparados os R2 entre os diversos estudos pois os estudos usam diferentes variáveis explicativas

De acordo com Luporini e Alves (2010), o investimento em capital fixo é considerado um dos principais componentes na determinação do produto, emprego e renda da economia de um país, visto que promove o aumento da capacidade produtiva e a expansão do nível de atividade. As autoras analisando os dados das contas nacionais divulgadas pelo IBGE encontraram que, na primeira década desse século, cerca de 89% do investimento brasileiro em capital fixo foi realizado pelo setor privado.

O trabalho de Luporini e Alves (2010) se propôs a identificar os determinantes do investimento privado no Brasil para o período compreendido entre 1970 e 2005. Os resultados indicam que aumentos na renda e na atividade econômica influenciam positivamente o investimento do setor privado no Brasil. A redução no volume de crédito e a existência de instabilidades políticas e econômicas mostraram-se prejudiciais ao investimento privado no período analisado. Segundo as autoras, a implementação de políticas públicas que possam garantir a estabilidade econômica e a credibilidade dos agentes, assim como aumentos na oferta de crédito podem elevar o nível de investimento privado no Brasil.

O trabalho de Tadeu e Silva (2013) buscou investigar os determinantes do investimento privado para o Brasil no período de 1996 até 2011, tendo incluído uma segmentação dos investimentos públicos, separando-os em investimentos públicos em infraestrutura e em investimentos públicos em não infraestrutura, e propondo o uso de uma função descrita na equação 17, para avaliar os determinantes do investimento privado na economia brasileira.

$$\begin{aligned} \text{LnPI}_t = & \beta_0 + \beta_1 \text{LnY}_t + \beta_2 \text{LnUIC} + \beta_3 \text{Ln_PIInfra} + \beta_4 \text{Ln_PINInfra} + & (17) \\ & \beta_5 R + \beta_6 \text{LnRP} + \beta_7 \text{LnIGP_DI} + \beta_8 \text{LnCred} + \beta_9 \text{LnT} + \beta_{10} \text{LnER} + \\ & \beta_{11} D1 + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Onde a variável dependente investimento privado (PI) tem os seguintes determinantes na indústria brasileira: o PIB (Y), a utilização da capacidade industrial (UIC), os investimentos públicos em infraestrutura (PIInfra), os investimentos públicos em áreas que não sejam de infraestrutura (PINInfra), taxas de juro reais (r), os preços relativos de bens de capital (RP), a inflação (IGP-DI), um *proxy* disponibilidade de crédito representado pelos empréstimos do BNDES (Cred), carga tributária (T), taxa de câmbio (ER) e uma variável *dummy* (D) que recebe valor unitário para anos de crise internacional e zero para os demais anos, e erro aleatório (ε). Todas as variáveis no instante t estão em logaritmo natural com exceção da taxa de juros.

Os resultados encontrados por Tadeu & Silva (2013) revelam evidências empíricas de efeito *crowding-in* dos investimentos público em infraestrutura sobre o investimentos privados e efeito de *crowding-out* dos investimentos público em não infraestrutura sobre os investimentos privados.

Tanto Tadeu e Silva (2013) quanto Luporini e Alves (2010) afirmam que o possível efeito atrator dos investimentos públicos em infraestrutura é teoricamente explicado pelo fato de que esses investimentos aumentam a produtividade do capital privado para investimentos futuros e evitam que os investidores privados de investimentos adicionais de outra forma teriam de fazer nessas áreas. Quanto aos efeitos negativos do investimento público não infraestrutura sobre o investimento privado, estes podem ser teoricamente explicados pela concorrência entre eles para os escassos recursos disponíveis para investimentos.

O trabalho de Tadeu, Silva e Vettori (2015) estendeu a abordagem de Tadeu e Silva (2013) e adicionou a produtividade entre os determinantes do investimento privado, tendo encontrado um comportamento pró-cíclico entre produtividade e investimentos. Os autores propõem como agenda futura de pesquisa a condução de trabalhos que busquem melhor compreender o impacto das variáveis macroeconômicas na produtividade, bem como estudos que permitam uma visão de longo prazo sobre os impactos da inovação na produtividade, possibilitando a proposição de estratégias de inovação com foco no aumento da produtividade.

2.2 Produtividade

A produtividade é geralmente definida como uma proporção entre o volume medido de saídas e o volume medido de insumos de entrada. Enquanto não há desacordo sobre essa noção geral, um olhar para literatura sobre produtividade e suas diversas aplicações revela muito rapidamente que não há nem um propósito único, nem uma única medida, para a produtividade (OCDE, 2001).

De acordo com a OCDE (2001), o trabalho ainda é o principal insumo utilizado na maioria dos processos produtivos de uma economia. Nesse sentido, calcular sua produtividade é particularmente importante, pois ela oferece uma medida dinâmica para se avaliar o crescimento de longo prazo, a competitividade internacional e os padrões de vida de um país (OCDE, 2001).

A produtividade mede o grau de eficiência com que determinada economia utiliza seus recursos para produzir bens e serviços de consumo. Diferentes abordagens quanto ao uso do termo recursos dão origem então às distintas medidas de produtividade (Messa, 2014).

Medir a produtividade é uma tarefa intrinsecamente difícil (Syverson, 2010) e as abordagens de medição da produtividade podem ser classificadas como totais ou como parciais, na medida em que avaliam a totalidade ou não dos recursos utilizados para gerar o produto. Dentre as técnicas de medição parciais, a produtividade do trabalho é a forma mais elementar e representa o produto gerado por trabalhador a cada unidade de tempo, estando na interpretação da dinâmica dessa abordagem a principal dificuldade no uso desse indicador, pois diversas causas podem estar por trás das variações mensuradas na produtividade do trabalho. Devido à simplicidade de levantamento dos dados usados em sua mensuração, torna-se possível a sua utilização com dados desagregados da economia, razão pela qual se torna uma métrica apropriada para realizar comparações de padrões de produtividade entre economias, entre diferentes setores da economia e para indicar a evolução temporal do padrão de subsistência dos trabalhadores (Sargent & Rodriguez, 2001).

A produtividade do trabalho corresponde ao quociente entre alguma medida de produto como o valor adicionado, o valor da transformação industrial (VTI) ou a produção física e alguma medida de trabalho. De acordo com Sargent e Rodriguez (2001), “apesar da produtividade do trabalho ser um indicador parcial, ela está mais relacionada com os padrões cotidianos, sendo estes os que a sociedade se importa em última instância importa-se” (tradução nossa).

O cálculo da produtividade do trabalho depende do PIB (Y) e do montante de trabalho (L). O montante de trabalho utilizado pode ser o total de pessoal ocupado ou o total de horas trabalhadas. Em período de estabilidade da jornada de trabalho, a variação das duas séries é idêntica. No entanto, em períodos em que a jornada no dia de trabalho varia, a produtividade do trabalho é medida de forma mais precisa com base nas horas totais trabalhadas

Pertencente às técnicas de medição total, a PTF é uma medida da eficiência com que uma economia combina a totalidade de seus recursos para gerar produtos. Seu cálculo advém da teoria neoclássica do crescimento (Cass, 1965; Hall & Jorgenson, 1967; Jorgenson, 1963; Solow, 1956, 1957). A PTF mensura a variação do produto que não pode ser explicada pela variação dos insumos, ou seja, do capital e do trabalho. De modo diverso da produtividade do trabalho, a dificuldade de utilização da PTF reside no levantamento dos dados usados no seu cálculo, pois a identificação de todos os recursos da economia, a mensuração de cada um deles e a determinação da forma com que tais recursos são combinados na atividade produtiva não é uma tarefa trivial (Messa, 2014).

Enquanto o modelo neoclássico de crescimento (Solow, 1956, 1957) assume que a PTF é determinada fora do modelo, na teoria do crescimento endógena (Barro, 1991; Czernich *et*

al., 2011; Jones, 1995, 2002; Lucas, 1988; Romer, 1986), as abordagens aplicadas tentam explicar a evolução da produtividade, tendo como motor subjacente do crescimento as ideias, diferindo apenas em qual é o principal determinante das ideias, quer seja investimento em capital humano, novos bens ou investimentos em P&D (Sargent & Rodriguez, 2001).

2.2.1 Produtividade e digitalização

De acordo com Sabbagh *et al.* (2012), o conceito de digitalização se caracteriza como a adoção em massa por consumidores, empresas e governos de tecnologias digitais e aplicações conectadas, e as métricas de digitalização tentam quantificar o efeito cumulativo da adoção e uso das TIC. Já para Katz, Koutrompis e Callorda (2013), a digitalização é definida como a transformação social desencadeada pela adoção maciça de tecnologias digitais para gerar, processar, compartilhar e transacionar informações.

Para Katz e Koutrompis (2012), a maior parte da literatura que analisa os impactos social e econômico das tecnologias de informação e comunicação (TIC) tem por foco plataformas tecnológicas discretas, como a adoção de banda larga e a porcentagem de usuários de computadores por exemplo (Brynjolfsson & Hitt, 2000; Commander *et al.*, 2011; Czernich *et al.*, 2011; Koutrompis, 2009; Polder *et al.*, 2010), contudo os autores postulam que a adoção e uso das tecnologias de informação de modo holístico resulta em efeitos avançados que vão além da contribuição de plataformas específicas, propondo o uso de um índice de digitalização para mensurar o grau de adoção das TIC e seus impactos na produtividade e no crescimento econômico.

Katz *et al.* (2013) avaliam o nível de digitalização de um conjunto de 184 países no período de 2004 até 2011 utilizando uma versão modificada do índice de digitalização proposto por Sabbagh *et al.* (2012), Anexo A. Esse índice é composto por seis elementos que capturam ubiquidade, acessibilidade, confiabilidade, velocidade, utilização e competência para utilização das tecnologias de informação e comunicação, além de 25 sub-indicadores tangíveis de medição dos parâmetros percebidos de digitalização, como por exemplo, o percentual de penetração da banda larga, o percentual de pessoas com terceiro grau, o preço por minuto das ligações de celular e o preço da banda larga residencial, dentre outros.

Katz *et al.* (2013) agruparam os países em diferentes graus de digitalização (restrito, emergente, transicional e avançado) e avaliaram a situação dos países da América Latina em termos de sua progressão com relação às sociedades digitalmente avançadas, propondo políticas públicas que permitam que os países da América Latina avancem mais rapidamente no processo

de digitalização de suas economias e acelerem com isso suas taxas de produtividade e crescimento econômico.

2.2.2 Produtividade recente no Brasil

De acordo com Cavalcante e De Negri (2014), existem duas linhas seguidas pelos estudos que analisam a evolução dos indicadores de produtividade no Brasil, na primeira delas, os autores calculam a PTF e decompõem as taxas de crescimento do produto nas taxas de crescimento do capital, do trabalho e da própria PTF, visando interpretar os movimentos observados na economia brasileira. Em virtude de um conjunto de dificuldades metodológicas, essas análises em geral têm um caráter mais agregado. A segunda linha de pesquisa é formada pelos estudos em que se usam indicadores de produtividade parciais, como a produtividade do trabalho, que não apresentam algumas das dificuldades metodológicas dos indicadores de PTF, embora tenham limitações importantes.

Existem, naturalmente, distintas maneiras de se calcular a produtividade do trabalho, seja em termos do numerador ou em termos do denominador da razão que define a produtividade. No que se refere à escolha da medida de produto, viu-se que o valor adicionado (VA) representa a medida mais próxima da realidade do verdadeiro valor gerado. O uso do VA é também fortemente respaldado pela literatura econômica, com base no argumento de que, por ser uma medida líquida, ela evita o superdimensionamento dos cálculos da produtividade (Carvalho, 2003; Nassif, 2008; Rocha, 2007; Rossi Jr. & Ferreira, 1999; Squeff, 2012).

Algumas dificuldades práticas são encontradas durante a medição dos insumos e que devem ser levadas em consideração. Conforme a OCDE (2001), a contribuição de cada trabalhador para o processo produtivo depende não somente de suas características pessoais como também de sua educação e experiência profissional. Consequentemente, a “quantidade de trabalho” de determinado indivíduo não constitui, necessariamente, a mesma quantidade de trabalho de outro indivíduo com características diferentes. Para controlar o efeito de variações na qualidade do trabalho desempenhado, seria necessário ponderar uma série de informações ligadas às características individuais dos trabalhadores. Contudo, fazer isso em nível desagregado seria, se não impossível, no mínimo muito trabalhoso. Essa limitação, no entanto, não invalida a relevância da produtividade do trabalho como indicador de eficiência e, desse modo, a solução geralmente adotada consiste em tratar o trabalho como um insumo homogêneo, levando-se em consideração as limitações impostas pela disponibilidade de dados.

O *número de horas trabalhadas* e o *total de pessoal ocupado* são, usualmente, as medidas mais utilizadas para se avaliar a produtividade do trabalho. Como aponta Nassif (2008), o critério de escolha de uma ou outra medida recai, novamente, na questão da disponibilidade de dados e, também, do objetivo de cada pesquisador. Desse modo, é possível encontrar na literatura argumentos a favor e contra cada uma das referidas medidas de mensuração do trabalho. Por um lado, há os que defendem que o número de horas trabalhadas é a medida mais adequada, uma vez que, mesmo sob a hipótese de trabalho homogêneo, a simples contagem de pessoas desconsidera a possibilidade de empregos múltiplos, empregos em tempo parcial e a prática de horas extras e faltas abonadas por motivos médicos, entre outros. A não consideração desses fatores acarretaria, portanto, que mudanças na evolução do emprego passassem despercebidas (Souza Neto & Curado, 2005).

Por outro lado, segundo alguns autores (Bonelli & Fonseca, 1998; Rocha, 2007; & Squeff, 2012), a mensuração correta da produtividade do trabalho ocorre por meio do total de pessoal ocupado. Calcular o total de pessoal ocupado na economia é mais fácil do que medir o número de horas trabalhadas, pois as séries de número de horas trabalhadas, apesar de serem teoricamente mais precisas, podem ser de qualidade duvidosa (Bonelli, 2002) e quaisquer diferenças que possam haver entre o número de horas trabalhadas e o total de pessoal ocupado, tendem a desaparecer no médio e longo prazos (Bonelli & Fonseca, 1998).

Bonelli (2002) apresenta uma síntese da evolução da produtividade do trabalho nos anos 1990. Sua primeira evidência é de que ocorreu uma reversão da evolução da produtividade do trabalho na década de 1990 comparada com a de 1980, com um crescimento expressivo na primeira e decréscimo profundo na segunda, considerando toda a economia, e não apenas a indústria. Observando a indústria apenas e tratando produtividade como valor agregado (VA) por pessoal ocupado, o autor apresenta taxas de crescimento médio negativas para a década de 1980 e positivas para a de 1990, da ordem de 8% ao ano (a.a.). Entretanto, é salientado que ao final da década de 1990, especialmente depois da crise asiática em 1997, há uma desaceleração do crescimento da produtividade.

No trabalho de Rocha (2007), é desenvolvida uma comparação de longo prazo na produtividade do trabalho, medida pelo quociente entre o valor agregado e o pessoal ocupado, da indústria brasileira para o período de 1970 até 2001, com o objetivo de verificar se mudanças estruturais da indústria teriam influenciado a evolução de produtividade. Para o período 1985-2001, o autor encontra que não houve migração expressiva de postos de trabalho entre setores de baixa, média-baixa, média-alta e alta produtividade e que o crescimento da produtividade foi intrassetorial. Por fim, o autor conclui que as mudanças estruturais da indústria brasileira de

1985 a 2001 não são relevantes para explicar a evolução da produtividade do trabalho no período e indica que, provavelmente, a produtividade do trabalho iria diminuir a partir de 2001.

Já em Galeano e Feijó (2013), é investigada a produtividade do trabalho (VTI/PO) na indústria brasileira para o período de 1996 à 2007. As autoras concluem que houve perda de crescimento da produtividade no período, com início da queda a partir de 2000, ponto no qual concordam com o resultado encontrado por Rocha (2007) e confirmam a desaceleração da produtividade já depois de 1997, calculada por Bonelli (2002). Assim, Galeano e Feijó (2013) concluem que os ganhos de produtividade do trabalho da indústria se dissiparam depois de 1999 e que, no período analisado, a estrutura industrial se manteve relativamente rígida a despeito das transformações promovidas nos processos produtivos.

Squeff. (2012) utiliza as Contas Nacionais para calcular a produtividade do trabalho (VA/PO) da indústria no período 2000-2009. O autor conclui por uma paulatina e lenta queda da produtividade do trabalho, em termos médios de -0,6% a.a. (indústria como um todo) e -0,9% a.a. (indústria de transformação). Entretanto, este não foi o comportamento de toda a economia, que teria tido um crescimento de produtividade do trabalho de cerca de 0,9% a.a. para o mesmo período.

Outro trabalho que deve ser citado é o de Barbosa Filho e Pessoa (2013), que com base nos dados da pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD), calcula várias modalidades de produtividade para a economia brasileira como um todo no período 1982-2012. Para a produtividade do trabalho, os autores concluíram pelas seguintes taxas médias anuais de variação no período de 1982 a 1992: queda de 0,6% a.a. usando como denominador de produtividade o pessoal ocupado (PO) e 0,1% a.a. usando como denominador de produtividade as horas trabalhadas (HT), concluindo que a primeira queda ocorreu em virtude da redução da jornada de trabalho (-0,7%), com PO contribuindo em 2,6%; em outras palavras, na “década perdida” teria havido estagnação, não queda, da produtividade do trabalho. No período 1992-2002, teria ocorrido um crescimento de 0,9% a.a. com PO e de 0,9% a.a. com HT, enquanto no período 2002-2012 teria ocorrido um crescimento de 1,4% a.a. com PO e de 1,7% a.a. com HT. Assim, segundo os autores, a produtividade do trabalho teria caído depois de 2002, mas acelerado, em comparação com o período 1992-2002.

Resultados similares foram encontrados no trabalho de Cavalcante e DeNegri (2014), que aponta que a produtividade do trabalho no Brasil manteve, nas décadas de 1990 e 2000, uma trajetória de crescimento estável da ordem de 1% ao ano quando aferida com base no valor adicionado e no pessoal ocupado.

O modelo de Solow está na origem do conceito de produtividade total dos fatores, cuja importância se evidencia na vasta literatura existente relacionada ao tema. No Brasil, muitos autores utilizam esta abordagem (Bonelli, 2002; Gomes *et al.*, 2003; Ferreira *et al.*, 2008; Ellery Jr., 2011; Bonelli e Fontes, 2013; Cavalcante e De Negri, 2014). Todavia, não se pode negar as críticas que esta abordagem tem recebido ao longo dos anos. A falta de especificidade do resíduo de Solow, por exemplo, é frequentemente questionada, uma vez que mudanças no produto atribuídas ao progresso técnico podem, na verdade, ser apenas efeitos de outros fatores não associados ao nível tecnológico.

Existem diversos trabalhos analisando a evolução da PTF da economia brasileira (Candido Júnior, 2006; Bonelli e Fonseca, 1998; Rossi & Ferreira, 1999; Cavalcante & De Negri, 2014) sendo que não parece haver uma tendência consolidada para a PTF no período recente. Pode-se afirmar que a maioria dos trabalhos tende a sugerir um crescimento mais acelerado da PTF na década de 2000 do que na década de 1990, embora esse crescimento não seja, de forma geral, capaz de elevar o indicador a um valor estatisticamente diferente da média do período, que é de 1% a.a.

Entre as possíveis hipóteses associadas ao pequeno aumento da produtividade no Brasil, estão alguns fatores internos às empresas, como os proporcionalmente reduzidos investimentos empresariais em P&D e o baixo investimento em treinamentos dentro das empresas (Cavalcante & DeNegri, 2014).

Para Mairesse, Mohnen e Kremp (2005), a teoria do crescimento endógeno modelou mais formalmente os links entre produtividade e P&D por meio da hipótese Schumpeteriana da destruição criativa (Aghion & Howitt, 1990; Schumpeter, 1942), ao mesmo tempo em que surgiam as pesquisas sobre inovação (Crépon *et al.*, 1998; Hall & Mairesse, 1995; Griliches, 1979, 1980; Mairesse *et al.*, 2006). Os autores enfatizam que a teoria do crescimento endógeno forneceu uma estrutura mais sólida para ideias como inovações para redução de custos e geradoras de demanda, onde P&D é visto como uma entrada para criar novas ideias, as quais acabam se materializando em inovações, que levam a um aumento da produtividade (Aghion & Howitt, 1990; Jones, 1995, 2002; Romer, 1989).

2.3 Inovação

O precursor dos estudos da inovação mais influente do início do século XX foi o economista Joseph Alois Schumpeter. Procedente da área de ciências econômicas, Schumpeter produziu ensaios, artigos e diversos livros, e muitos são citados e utilizados até hoje em

diferentes áreas do conhecimento, conforme relata Rubens Vaz da Costa no prefácio do livro “a teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juros e ciclo econômico” (Schumpeter, 1934/1997).

De acordo com a visão de Schumpeter, o crescimento capitalista é inerentemente incerto. Grandes avanços são essenciais, pois afetam toda a economia, contudo a incerteza é endógena a esse sistema, pois os grandes avanços dependem do nível de pesquisa, que, por sua vez, depende das rendas monopolistas que constituem os prêmios oferecidos pela sociedade capitalista ao inovador bem-sucedido (Aghion & Howitt, 1990; Schumpeter, 1942).

Schumpeter (1942) propôs o conceito de destruição criativa para explicar como a inovação geraria o crescimento econômico. Para o autor, trata-se de um processo evolutivo, no qual os empresários carismáticos criativamente destróem a ordem social existente e trazem mudanças revolucionárias que, ao aumentar a eficiência na produção, tomam o lugar do *status quo*. No entanto, essas mudanças se tornam novas rotinas ao longo do tempo e um novo *status quo* é estabelecido. Essa roteirização, em seguida, fornece oportunidades para novos empresários carismáticos para iniciar um novo ciclo de inovação.

O conceito da inovação possui diversas definições na literatura especializada (Beije, 1998; Freeman & Soete, 2008; OCDE, 2005a; Rogers, 1962; Schumpeter, 1934; Tidd, Bessant & Pavitt, 2008). A maioria das definições apresenta conceitos de inovação próximos as propostos por Schumpeter, que, mesmo não tendo feito uma definição formal de inovação, fez identificação de casos e tipos de inovação, que se tornaram a base de construção de modelos de estudo nas áreas de economia, engenharia e administração. (Aghion & Howitt, 1990; Brito, Brito & Morganti, 2009; Englmann, 1994; Jones, 1995).

De acordo com Schumpeter (1934), a inovação pode abranger cinco casos: introdução de um novo método de produção, abertura de um novo mercado; introdução de um novo bem; conquista de nova fonte de insumos/matéria-prima e o estabelecimento de uma nova organização. Em todos esses cinco casos, para que possam ser considerados inovadores, devem levar em conta que ninguém tenha feito algo igual ou semelhante, logo deve ser algo inédito para o mercado ou para o segmento de atuação da empresa.

Já para Rogers (1962), inovação é definida como produto, processo ou método, que é compreendido como novo pelo mercado consumidor, não tendo importância o fato de, do ponto de vista técnico, já existir a algum tempo. Beije (1998) define inovação como qualquer coisa nova aplicada ao negócio de produzir, distribuir e/ou consumir produtos ou serviços. Essa mesma linha é seguida por Freeman e Soete (2008), que definem inovação como o processo de

gerar coisas novas, principalmente produtos ou serviços, processos de produção, marketing e métodos organizacionais.

Tidd *et al.* (2008) aproximam-se do proposto por Schumpeter, contudo, em vez dos cinco casos de inovação descritos por Schumpeter, eles entendem que a inovação pode assumir quatro formas: Inovação de produto, que envolve mudança nas características ou da estrutura dos produtos ou serviços que a empresa oferece; inovação de processo, que leva em conta a mudança na forma em que os produtos/serviços são criados e entregues; inovação de posição, que trata das mudanças no contexto em que produtos/serviços são introduzidos; e inovação de paradigma, que se refere às mudanças nos modelos mentais subjacentes que orientam o que a empresa faz.

Segundo Tidd *et al.* (2008), por vezes, é difícil realizar a definição do tipo específico de inovação que ocorre, pois, frequentemente, a inovação é híbrida, por exemplo, uma inovação de produto e de processo.

Visando uniformizar conceitualmente a inovação, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) elaborou o Manual de Oslo (OCDE, 2005a), que traz conceitos e classificações, bem como um conjunto de diretrizes e políticas para a mensuração da inovação em âmbito internacional.

O Manual de Oslo (OCDE, 2005a) define quatro tipos de inovações de acordo com a natureza de sua definição: inovações de produtos/serviços, inovações de processos, inovações organizacionais e inovações de marketing, similar ao que foi proposto tanto por Schumpeter (1934) quanto por Tidd *et al.* (2008).

Segundo o Manual de Oslo, inovação é:

“inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização local de trabalho ou nas relações externas” (OCDE, 2005a, p.55).

De acordo com OCDE (2005a), inovações de produto são precedidas de mudanças substanciais nas características e/ou composição dos produtos ou serviços. Inovações de processo referem-se às mudanças significativas no método de produção ou de distribuição. Inovações organizacionais estão relacionadas à criação e ao desenvolvimento de novas formas organizacionais, bem como de mudanças na prática de negócios nos ambientes interno e externo da empresa. Por fim inovações de *marketing* são mudanças no *design* do produto, mais

especificamente na embalagem, no estabelecimento de novos métodos de precificação e na criação de novos mercados.

Existe por vezes forte associação entre as definições de inovação e tecnologia, e os termos “inovação” e “tecnologia” são usados como sinônimos (Rogers, 2003), contudo pode-se distinguir entre “inovação” e “inovação tecnológica”, levando-se em conta o processo de inovação e as diferentes áreas de atuação de uma organização — econômica, tecnológica, social, estratégica (Freeman *et al.*, 1982).

De modo mais específico, a inovação é utilizada para descrever a introdução e a disseminação de novos produtos, processos ou melhorias na empresa, enquanto a inovação tecnológica deve estar associada aos avanços no conhecimento (Freeman & Soete, 2008).

A inovação pode ser dividida segundo Tidd *et al.* (2008) em dimensões pelo grau de novidade envolvido. Assim, se a inovação acontece somente por meio de melhoria de componentes ou do desempenho de processos, sendo novidade somente para a empresa, ela é classificada como uma inovação incremental. Já se a inovação ocorre por uma mudança significativa, como pela criação de um novo mercado ou produto, os autores classificam-na como inovação radical.

Essa mesma classificação da inovação entre incremental ou radical (Tidd *et al.*, 2008) é utilizada por órgãos públicos brasileiros de fomento à inovação como o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Diferentemente desses autores, Schumpeter (1934) parece não considerar a existência de inovações incrementais, pois, para o autor, a inovação é caracterizada por não ter sido feita por ninguém e, portanto, nova para o mercado, conceito muito mais próximo ao da inovação radical.

De acordo com Gallouj e Weinstein (1997), os modelos teórico-analíticos utilizados em inovação são diretamente derivados dos modelos das empresas de manufatura (Modelo MIP – *Manufacture Innovation Product*), o que limita a análise da dinâmica inovativa no setor de serviços. Com um entendimento parecido, Bernardes, Bessa e Kalup (2005) citam que grande parte dos estudos de inovação no setor de serviços é baseada em parâmetros da indústria de manufatura, como se a inovação fosse medida em produtos. Por exemplo, mede-se o gasto em P&D como indicador de desempenho de inovação

Os estudos de inovação aplicada ao setor de serviços (Bernardes *et al.*, 2005; Gallouj, & Weinstein, 1997; Howells, 2000) apontam características específicas do setor, como a dificuldade de apropriar-se dos ganhos advindos da inovação, a apropriabilidade, pois a propriedade intelectual em serviços tem baixo poder de retenção e poucas barreiras para a imitação, diferentemente do que ocorre com a inovação no setor industrial, em que existe

registro de patentes e há a proteção da propriedade intelectual, razão pela qual a proteção à propriedade intelectual em serviços tem se voltado, sobretudo, às patentes de métodos de negócios e desenvolvimento de software (OCDE, 2005b).

A baixa apropriabilidade é explicada pelo fato de que um serviço normalmente não possui uma exterioridade, como ocorre com o produto, sendo, portanto, intangível e ocorrendo no momento do consumo (Gallouj & Weinstein, 1997). Em função dessa especificidade, um aspecto importante da inovação em serviços refere-se ao fato de que sua medição é difícil de ser efetuada.

De acordo com Sundbo e Gallouj (1998), o caráter incremental das inovações em serviços facilita a sua imitação pelos concorrentes e difere da inovação da indústria que é mais abrupta ou em etapas. Nesse sentido, as atividades de P&D não são intensas ou tão importantes nos processos de inovação em serviços, como se observa no caso da inovação de produtos.

De acordo com Soete e Miozzo (2001 apud De Negri & Kubota, 2006), a dinâmica inovativa nos setores de serviço é variada. Na tipologia de inovação em serviços proposta pelos autores, os setores de serviço podem ser agrupados em três categorias, de acordo com suas características tecnológicas: setores com redes físicas de grande escala, como companhias elétricas; setores dominados por fornecedores, como o de educação; e setores fornecedores de tecnologia, como o de desenvolvimento de software.

Visando homogeneizar o conhecimento sobre as inovações em serviços a OCDE (2005b) listou as seguintes características:

- dependem menos de investimento formal em P&D (como na indústria), e são alavancados por meio da compra de equipamento, propriedade intelectual (principalmente em software e métodos de negócios), e por meio da colaboração (cooperação);
- a escala de tamanho é importante, assim empresas maiores são mais inovadoras em serviços;
- atividades de treinamento e desenvolvimento de pessoas são importantes para as inovações do setor de serviços.

Segundo a OCDE (2013), a inovação, a ciência, a tecnologia, e o empreendedorismo são fatores importantes para novas fontes de crescimento e para promover a competitividade, o emprego e a produtividade.

2.3.1 Inovação e Produtividade

De acordo com Griliches (1979), os trabalhos que discutem a relação entre inovação e produtividade podem ser classificados de acordo com o método que adotam para explorar essa relação, em dois blocos principais, ou em estudos de caso ou em modelos econométricos de funções de produção. Os estudos de caso podem capturar dimensões dessa relação dificilmente acessíveis em bases de dados coletadas de forma padronizada, mas requerem tempo maior para sua elaboração e são sistematicamente sujeitos a questionamentos quanto às conclusões gerais que se podem extrair deles. Os estudos econométricos, por sua vez, podem chegar a conclusões de caráter mais geral, contudo podem deparar-se com aspectos como causalidade e endogeneidade.

Nos termos de Griliches (1979): “sérias dificuldades na análise econométrica resultam do fato de que a maioria das variáveis de interesse tende a mover-se conjuntamente no tempo e no espaço, tornando mais difícil o desembaraço de seus efeitos individuais. Além disso, não é fácil estabelecer relações de causalidade. Os próprios investimentos em pesquisa e desenvolvimento são afetados pelo nível de resultado e pelos lucros e produtividade passados. Isso exige que se formulem modelos de equações simultâneas e leva a técnicas de estimação muito mais complexas.” (Tradução nossa).

Segundo Mairesse e Mohnen (2010), a maioria dos trabalhos sobre os efeitos de inovação tem por foco avaliar o seu impacto na produtividade, com maior preponderância para analisar o nível de produtividade e não a sua taxa de crescimento, devido à falta de dados em painel e, na maioria das vezes, a produtividade do trabalho, em vez da PTF, devido à falta de dados sobre o capital e outros insumos. Os outros efeitos investigados são o impacto nas exportações, nos lucros e no emprego.

De acordo com Crespi e Zuniga (2012), encontrar o impacto na produtividade com base na inovação tem sido uma das tarefas mais desafiadoras e controversas na economia empírica. Os autores entendem que, na sequência do trabalho seminal de Griliches (1979), uma abordagem amplamente aceita consiste em modelar a relação entre inovação e seus fatores determinantes em uma função de produção de conhecimento e a contribuição da inovação para a produtividade em uma função de produção de saída.

A abordagem de Griliches (1979) de função de produção de conhecimento assume que a produção de novos conhecimentos depende dos investimentos atual e passados em novos conhecimentos, como por exemplo, investimentos em (P&D) e de outros fatores, tais como o transbordamento de conhecimento que flui para fora da empresa que investiu em sua obtenção.

Para o autor, o ganho de produtividade das empresas não é consequência direta das entradas do processo de inovação, como os gastos em P&D, mas sim dos resultados da inovação, quer sejam eles medidos em número de patentes ou em vendas de produtos inovadores, motivo pelo qual o autor usa os resultados da inovação como variáveis explanatórias na função de produção do ganho de produtividade das empresas.

Segundo Griliches (1979), existem três grandes dificuldades de medir o estoque de conhecimento e seus impactos na produtividade. Primeiramente o fato de os impactos em P&D na produtividade poderem demorar anos para serem observados, sendo a definição do período apropriado uma dificuldade não trivial, em segundo lugar, o fato de ocorrer depreciação e obsolescência no conhecimento gerado por P&D, o que impacta o seu estoque e, por fim, o fato do nível de conhecimento de uma indústria ser afetado não apenas pelos seus esforços de P&D mas também sofre o impacto dos esforços de outras indústrias, fenômeno que o autor denomina como *spillover*, o efeito de transbordamento.

Apesar do pioneirismo na abordagem, Griliches (1979) concluiu que inexistia, naquele momento, suporte teórico e factual que permitisse definir a janela de tempo em que os investimentos de P&D deveriam ser considerados, nem suas taxas de transbordamento, além de explicitar que a precariedade dos dados disponíveis inviabilizava a mensuração do retorno do investimento em P&D com uma precisão mínima aceitável. O autor propôs que fossem criadas bases de dados mais completas e um deflator para calcular a depreciação do investimento em P&D, indicando como uma possível agenda futura de pesquisa a geração de estudos baseados em microdados, de modo que fosse possível mensurar a correlação entre taxas de produtividade de várias indústrias e as atividades de obtenção de patentes.

Seguindo o arcabouço descrito em Griliches (1979) e contando com os dados coletados de 883 empresas industriais americanas com mais de 1000 funcionários para o período de 1957 até 1965, Griliches (1980) encontrou uma correlação positiva entre intensidade de investimentos em P&D e produtividade do trabalho, contudo não encontrou uma correlação de alta significância entre o tamanho da empresa e sua propensão a investir em P&D.

Griliches (1980) propôs que novas pesquisas deveriam ser conduzidas para avaliar os transbordamentos gerados pelos investimentos em P&D, investigando possíveis diferenças da origem do capital, quer fosse ele público ou privado, na geração de resultados de investimentos em P&D.

Griliches (1986) usando os dados das maiores empresas industriais norte-americanas, aproximadamente 1000, para o período entre 1957 e 1977 e atualizando os achados de Griliches (1980), usou a função Cobb-Douglas descrita na equação 18, tendo encontrado que

investimentos em P&D contribuem significativamente com o aumento de produtividade, com o componente de pesquisas básicas sendo um forte componente. O autor ainda conclui que investimento privados em P&D tem um efeito significativamente maior no aumento da produtividade privado do que investimentos públicos federais em P&D.

$$Q_{it} = Ae^{\lambda t} L_{it}^{\alpha} C_{it}^{1-\alpha} K_{it}^{\gamma} \quad (18)$$

Em que Q, L, C, K e λ representam respectivamente, valor adicionado, força de trabalho, capital físico, estoque de P&D e a taxa de mudança tecnológica não embarcada.

Hall e Mairesse (1995) utilizando dados de 197 firmas francesas durante a década de 1980 atualizaram um conjunto de pesquisas que usavam dados da década de 1970 (Griliches & Mairesse, 1983; Cuneo & Mairesse, 1984; Mairesse & Cuneo, 1985; Griliches, 1986; e Mairesse & Sassenou, 1991) e usando uma função Cobb-Douglas estimaram a variação do valor adicionado a nível de firma por meio da equação 19.

$$y_{it} = a + \lambda_t + \alpha c_{it} + \beta l_{it} + \gamma k_{it} + \varepsilon_{it} \quad (19)$$

Em que y, λ , l e k indicam as variações do valor adicionado, da produtividade externa, do capital, do trabalho e do capital de P&D respectivamente e ε indica o erro, em que i indica a empresa e t o período.

Usando o método de inventário perpétuo proposto por Griliches (1979) e uma taxa de depreciação δ de 15% ao ano, Hall e Mairesse (1995) estimaram o estoque de capital de P&D, K, propondo o uso da equação 20.

$$K_t = (1-\delta) K_{t-1} + R_{t-1} \quad (20)$$

em que R_{t-1} é o investimento em P&D durante o período t-1

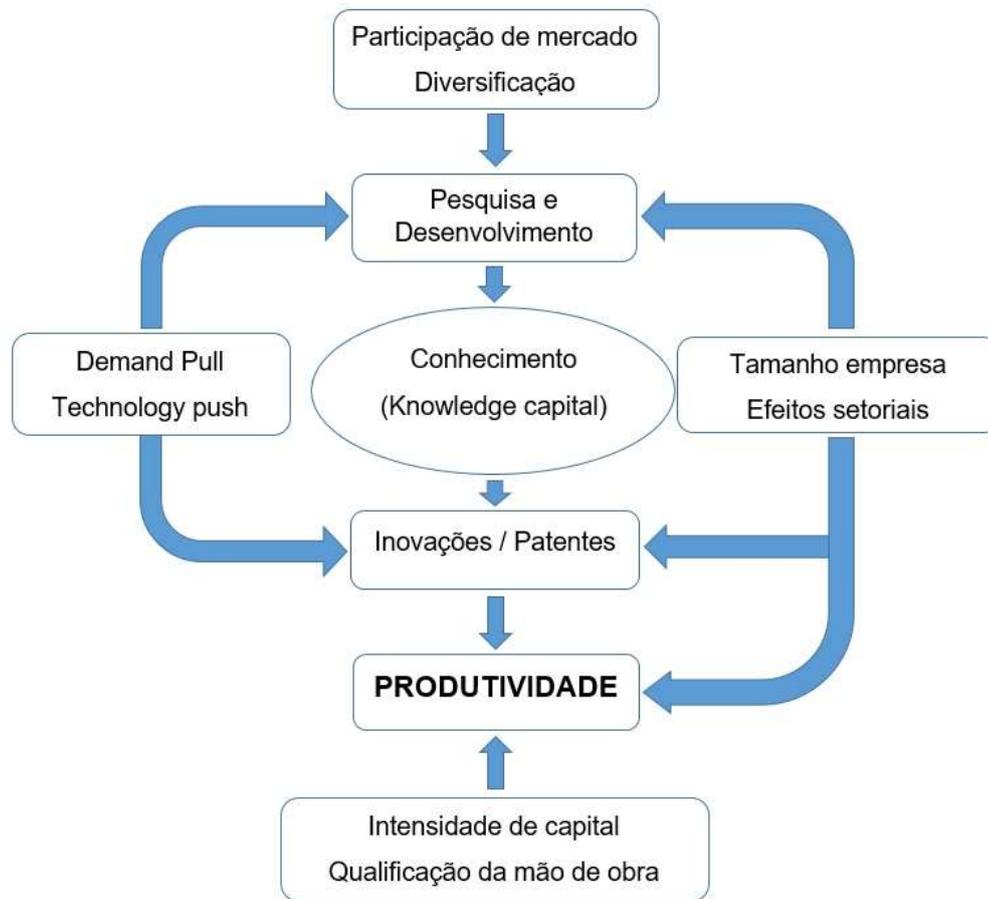
Segundo Hall e Mairesse (1995), a produtividade do trabalho, definida como o valor adicionado pela empresa por funcionário, ao ser medida diretamente com base na função de produção, fornece melhor estimativa que as medições que ocorrem por meio da variação da produtividade, método usado nos estudos anteriores. Os autores encontraram alta significância na relação entre investimento em P&D e aumentos de produtividade do trabalho, com valores maiores que os encontrados pelos estudos disponíveis na literatura naquele momento (Cuneo &

Mairesse, 1984; Griliches & Mairesse, 1983; Mairesse & Cuneo, 1985; e Mairesse & Sassenou, 1991) e que usaram como base os dados da década de 70 para o mesmo conjunto de indústrias.

De acordo com Hall e Mairesse (1995), o percentual de investimentos em pesquisa dedicado a pesquisa básica promovem uma redução do ganho de produtividade gerado pelos investimentos em pesquisa, por outro lado, o financiamento público para P&D mostrou-se pouco efetivo até que atinge um patamar superior à 20% do orçamento de investimento em P&D das empresas, ponto base a partir do qual impacta a produtividade da empresa em cerca de 10% e aumenta a taxa de crescimento em um valor entre 3 a 6% ao ano.

Crepon, Duguet e Mairesse (1998) estudaram a relação entre produtividade, inovação e pesquisa no nível da firma, introduzindo o uso de um modelo estrutural, o qual passou a ser conhecido como modelo CDM, Figura 3, e o qual é constituído por três relações: a relação entre as atividades de P&D e seus determinantes, a relação entre os indicadores de resultado da inovação e as atividades de P&D e pôr fim a relação entre a produtividade e os indicadores de resultado da inovação. Os autores explicitaram que não é o investimento em P&D e sim o resultado da inovação originada por esses investimentos que se relaciona com o aumento da produtividade.

Figura 3 - Diagrama do modelo CDM



Fonte: Crépon, Duguet e Mairesse (1998)

Crépon *et al.* (1998) usaram um conjunto de quatro equações para descrever a relação entre P&D e produtividade. As duas primeiras equações do modelo tem foco em P&D, tratando da decisão de investir e do tamanho do investimento em P&D respectivamente, buscando entender a relação entre P&D e seus determinantes, a terceira equação trata da inovação e explica o resultado de inovação a partir do esforço de P&D e dos resultados por ele gerados, seguindo a abordagem proposta com Griliches (1979) para a função de produção do conhecimento e finalmente a quarta equação trata da produtividade, correlacionando o resultado da inovação com a variação da produtividade da firma. Os autores avaliaram os resultados da inovação usando duas métricas, a primeira por meio do número de patentes e a segunda por meio do impacto em vendas de produtos inovadores no período de cinco anos.

Os resultados obtidos por Crépon *et al.* (1998), ao aplicar o modelo CDM ao conjunto de microdados de mais de 4000 empresas indústrias europeias, para dados coletados no período

de 1987 até 1990, revelaram que a probabilidade de investir em pesquisa aumenta com o tamanho da firma, com a participação de mercado da firma, com a grau de diversificação desta e com os indicadores de demanda e de oportunidade tecnológica. Além disso, com exceção do tamanho da firma, todos as outras variáveis explanatórias também influenciam positivamente o esforço de pesquisa, medida como o dispêndio em pesquisa medido pelo percentual da receita total da empresa. Segundo os autores, o esforço de pesquisa influencia positivamente o resultado da inovação, medido em patentes ou em percentual das vendas com produtos inovadores e o resultado da inovação correlaciona-se positivamente com o aumento da produtividade no nível da firma. Assim, concluem sucintamente que um aumento nos gastos de P&D está correlacionado com um aumento da produtividade no nível da firma. A elasticidade da produtividade para inovação em produtos medido pela participação das vendas de produtos ficou em torno de 0.1.

Janz, Lööf e Peters (2003) usaram o modelo CDM e microdados de 1049 empresas baseadas no uso intensivo do conhecimento da Alemanha e da Suécia, com 53% das empresas classificadas como inovadoras. Os autores encontraram evidências baseadas no modelo econométrico de que a inovação é questão crucial para aumento da produtividade do trabalho nos dois países e o tamanho do mercado alemão possui um impacto maior na propensão das empresas a inovar do que o mercado sueco, além disso, os autores afirmam que o modelo CDM (Crépon *et al.*, 1998) é bastante robusto, fazendo apenas uma ressalva sobre a equação de produção de inovação que era sensível à escolha da variável de controle.

Tsai e Wang (2004) usando uma função Cobb-Douglas, equação 21, e seguindo a abordagem propostas por Griliches (1986) e Hall e Mairesse (1995) avaliaram a relação entre investimentos em P&D e a produtividade das 156 maiores empresas listadas na bolsa de valores de Taiwan. Os autores usaram dados em painel para o período de 1994 até 2000 e encontraram que os investimentos em P&D tem alta significância e impacto positivo no crescimento da produtividade no nível da firma, tendo encontrado um impacto muito maior em empresas de alta tecnologia (0.3) em comparação as demais empresas (0.07).

$$Q_{it} = Ae^{\lambda t} L_{it}^{\alpha} C_{it}^{1-\alpha} K_{it}^{\gamma} \varepsilon^{it} \quad (21)$$

em que Q, A, L, C, K, λ e ε respectivamente, representam valor adicionado, constante, força de trabalho, capital físico, estoque de conhecimento (P&D), a taxa de mudança tecnológica não embarcada e o erro.

Huergo e Jaumandreu (2004) avaliaram como a idade da firma e a inovação impactavam na produtividade das empresas espanholas seguindo o modelo proposto por Hall e Mairesse (1995). Os autores utilizaram dados de 2300 empresas no período de 1990 até 1998 e utilizando métodos semiparamétricos estimaram o aumento da PTF, selecionando entre as variáveis explanatórias o tempo de existência da firma, a utilização da capacidade instalada e ocorrência de inovações de processo. Os resultados mostram que as empresas ao entrar no mercado experimentam elevado crescimento da produtividade e que as taxas de crescimento acima da média tendem a durar por alguns anos e vão convergindo para a média de crescimento de produtividade da indústria ao longo do tempo. Além disto, as inovações de processo levam a um crescimento extra da produtividade, que também tende a persistir um pouco no tempo.

Conte e Vivarelli (2005) denominam a abordagem econométrica que busca a relação entre inovação e produtividade como “função de produção de conhecimento”, seguindo abordagem proposta por Griliches (1979), pois ela parte da premissa de que os insumos de inovação (investimento e estoque de conhecimento, por exemplo) determinam os resultados do processo de inovação (inovações de produto e processo, por exemplo) que, por sua vez, influenciam a produtividade. Os autores avaliaram três resultados do processo de inovação, a saber, inovações em produtos, inovações em processos e porcentagem de vendas advindas de produtos inovadores, usando a equação econométrica 22.

$$\text{INNO}_i = \alpha_i + \beta_1 \text{P\&D}_i + \beta_2 \text{TA}_i + \beta_3 \text{CORES}_i + \beta_4 \text{COMKT}_i + \beta_5 \text{GP}_i + \beta_6 \text{LOG(SIZE)}_i + \sum_H \gamma_h \text{SECTORSh} + \sum_H \delta_h \text{REGIONSh} + \varepsilon_i \quad (22)$$

em que INNO representa o resultado da inovação, P&D representar os gastos totais com pesquisa e desenvolvimento, TA representa os gastos totais com aquisição de tecnologia externa, tanto a embarcada em máquina e equipamentos quanto a compra de consultoria, softwares e afins, CORES é a variável *dummy* para acordos de cooperação com institutos de pesquisa, COMKT é a variável *dummy* para acordos de cooperação de mercado, GP é a variável *dummy* para indicar pertencimento a grupo industrial e Size é o número de empregados da firma no ano de 2000.

Conte e Vivarelli (2005) realizaram uma análise empírica de 2949 indústrias italianas que participaram na terceira pesquisa de inovação para a comunidade europeia (CIS3), para o período de 1998-2000, obtendo resultados que indicam que os gastos com P&D estão fortemente ligados à inovação de produtos, enquanto os gastos com TA são cruciais para a inovação de processos, sendo que ambos aumentam a intensidade da inovação.

De acordo com Conte e Vivarelli (2005, 2014) o tamanho da firma e o setor de atividade são importantes fatores explicativos do nível da inovação de processos, sendo que as pequenas empresas nos setores de baixa tecnologia usam investimentos em TA e acordos de cooperação para realizar inovações em processos, enquanto as grandes empresas dependem fortemente de investimentos em P&D internos para promover inovações em produtos, mesmo existindo algumas evidências de retornos decrescentes neste tipo de investimento.

Griffith, Huergo, Mairesse e Peters (2006) investigam como a inovação se correlaciona com a produtividade no nível da firma na França, Espanha, Alemanha e Reino Unido, usando dados da pesquisa de inovação 3 (CIS 3) da comunidade europeia e o modelo CDM (Crepon *et al.*, 1998). Os autores encontraram entre os determinantes da decisão de investir em P&D as seguintes variáveis: financiamento público, tamanho da empresa, indústrias com métodos formais de proteção a inovação e o fato da empresa ser multinacional.

Segundo Griffith *et al.* (2006), a capacidade de proteger uma inovação por meio de métodos formais é menos importante para a inovação de processos do que para a inovação de produtos, sendo os fornecedores uma importante fonte de informação para inovação de processo, enquanto os clientes são importantes fontes para a inovação de produto. Os autores encontraram nas empresas da França, Espanha e Reino Unido ganhos de produtividade correlacionados com investimentos em P&D, mas não obtiveram correlação significativa para as empresas alemãs.

Parisi, Schiantarelli e Sembenelli (2006) usaram uma função de produção tipo Cobb-Douglas para estudar o impacto da inovação na produtividade em uma amostra de 465 empresas italianas com mais de 500 funcionários no período de 1992-97. Entre os resultados obtidos, está o fato de que a introdução de inovação de processos tem um efeito considerável na produtividade, com uma elasticidade de 0.15, e superior ao gerado pela inovação de produtos.

Segundo Parisi *et al.* (2006), despesas de P&D estão positiva e fortemente associadas com a probabilidade de introdução de um novo produto, mas não com a probabilidade de introduzir um novo processo. Já novos processos estariam associados a investimento em capital fixo, sugerindo um papel importante na tecnologia embarcada em máquinas e equipamentos.

Chudnovshy, López e Pupato (2006), utilizando o modelo CDM e dados em painel de pesquisas sobre inovação na Argentina, com informações para o período de 1992 até 2000, analisaram os determinantes de inovação e os impactos desta na produtividade das empresas industriais argentinas. Os resultados econométricos encontrados indicam que investimento em P&D e gastos com aquisição de tecnologia apresentam resultados positivos em termos de

reforço da probabilidade da introdução de um novo produto ou processo para o mercado, além de que a probabilidade de inovar possui uma relação positiva com o tamanho da firma.

Segundo resultados encontrados por Chudnovshy *et al.* (2006), as empresas inovadoras possuem uma produtividade do trabalho maior que a das empresas não inovadoras, o que, segundo os pesquisadores, indica que nas empresas argentinas os gastos com inovação são parte do negócio das firmas inovadoras e são usados mesmo em tempos de crise para manter uma vantagem competitiva sobre as firmas que não inovam.

Buscando entender o impacto de diferentes tipos de inovações na produtividade, Mairesse *et al.* (2005) realizaram um estudo comparando o impacto de inovações de produto e de processo na França. Os autores afirmam que as inovações de processo produzem retornos mais elevados do que as inovações de produto, com resultados similares aos encontrados para as empresas italianas (Parisi *et al.*, 2006).

Duguet (2006) avaliou o impacto de inovações incrementais e radicais na PTF, tendo encontrado que apenas as inovações radicais geravam um impacto estatisticamente significativo na PTF. Segundo esse autor, as inovações radicais alavancam-se fortemente no uso de P&D, patentes e licenças, gerando produtos novos para o mercado ou avanços radicais em processos, o que permite aos inovadores radicais capturar as rendas extras advindas da inovação (Schumpeter, 1942; Aghion & Howitt, 1990; Jones 1995,2002), enquanto as inovações incrementais estão intimamente ligadas à adoção ou a modernização do processo de produção, em vez de um verdadeiro processo de inovação.

O trabalho de Lööf e Hesmati (2006) avalia 3000 empresas suecas, de serviços e indústrias, utilizando uma versão do modelo CDM e dados tanto de pesquisas de negócios na Suécia quanto da terceira rodada da pesquisa de inovação da comunidade europeia, CIS 3, no período de 1996-98. Os autores utilizam de um conjunto de variáveis para medir o sucesso da inovação, como o valor adicionado por empregado, vendas por empregado, lucro antes e depois de amortizações, taxa de crescimento e as margens de venda. Esse conjunto de variáveis explanatórias constitui uma diferença importante neste trabalho, além da inclusão como insumos de entrada para a inovação elementos mais abrangentes do que meramente os investimentos em P&D, estando presentes outros gastos com a atividade de inovação, como compra de máquinas e equipamentos, consultorias externas, despesas com *design* industrial relacionado com a produção de novos produtos, gastos com treinamento relacionados diretamente com atividades de inovação e algumas despesas de *marketing*, bem como *proxies* para avaliar o capital humano dos trabalhadores e o impacto da cooperação com o exterior e com parceiros na produtividade.

Segundo Lööf e Hesmati (2006), para as empresas suecas, a probabilidade de inovar aumenta com o tamanho da empresa e a intensidade de capital, tanto para o setor da indústria quanto para o setor de serviços. A elasticidade da produtividade para inovação em produtos medido pela participação das vendas de produtos inovadores é similar a encontrada por Crépon *et al.* (1998), tendo valores de 0.12 e 0.09 para os setores da indústria e de serviços respectivamente.

Harrison, Jaumandreu, Mairesse e Peters (2008) relatam uma correlação positiva entre a inovação e o crescimento da produtividade na Alemanha, França, Espanha e Reino Unido, decompondo o crescimento do emprego gerado em três componentes: o crescimento de vendas de produtos antigos, as vendas de novos produtos e o crescimento devido às inovações de processo. Os autores afirmam que inovações de produto são geradoras de emprego, enquanto as inovações de processo deslocam os empregos para outras atividades, tendo esse efeito maior força na indústria de transformação e menos no segmento de serviços. Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Hall *et al.* (2008) ao aplicar o mesmo modelo para as empresas italianas.

Aghion, Blundell, Griffith, Howitt e Prantl (2009) constataram que a entrada de empresas estrangeiras em setores tecnologicamente avançados do Reino Unido estimula tanto a inovação, medida como patentes, como o crescimento da produtividade, ao passo que a entrada por essas empresas em setores mais atrasados reduz a inovação e o crescimento da produtividade das empresas nacionais nesses setores, argumentando que isso é devido ao fato de que as empresas são desencorajadas a investir devido ao custo necessário para recuperar o atraso tecnológico.

Mairesse e Robin (2009) estimaram os efeitos das inovações de produto e de processos de forma isolada sobre a produtividade do trabalho na França, usando uma variante do modelo CDM e dados das Pesquisas da Comunidade de Inovação da União Europeia, CIS 3 e CIS4. Os autores encontraram resultados similares aos de Griffith *et al.* (2006) e aos de Mairesse *et al.* (2005), sendo consistentes nos dois períodos, 1998-2000 e 2002-2004. Os resultados apontam alta correlação positiva entre a inovação de produtos e o aumento da produtividade do trabalho, ao passo que a inovação de processos se mostrou pouco significativa ou nula, o que, segundo os autores, pode indicar a complementariedade desses dois tipos de inovação nas empresas francesas.

Raffo, Lhuillery e Miotti (2008) realizaram um estudo comparativo internacional utilizando dados de três países europeus (França, Espanha e Suíça) e de três países latino-americanos (Brasil, Argentina e México), tendo aplicado o modelo CDM. Entre os achados do

estudo, está a confirmação que a intensidade dos investimentos em P&D tem correlação com o aumento das inovações de produto em todos os países analisados e que a inovação de produto influencia a produtividade do trabalho em todos os casos. Esses resultados são similares aos encontrados por Griffith *et al.* (2006) para os países europeus e os resultados de DeNegri, Esteves e Freitas (2007) para o Brasil.

Segundo Raffo *et al.* (2008), as empresas nos países em desenvolvimento encontram dificuldades no estabelecimento de redes de inovação, o que dificulta o investimento em P&D por estas, sendo uma dificuldade particular o estabelecimento de um elo entre a pesquisa acadêmica e a indústria. Os autores ainda apontam a extensão limitada do apoio público na promoção da inovação, o que limita a intensidade de inovação das empresas nos países em desenvolvimento, indicando que ambos os resultados sugerem que ainda existe amplo escopo de políticas públicas a serem utilizadas para estimular o comportamento inovador e a promover a interação entre a indústria e o setor acadêmico.

Raffo *et al.* (2008) pontuam que as empresas multinacionais investem mais intensamente em P&D se o país tem um mercado suficientemente grande em relação à região e que as subsidiárias são fontes de inovação via transferência tecnológica das matrizes, razão pela qual os autores propõem uma agenda de pesquisa que inclua o entendimento do papel das multinacionais no aumento da inovação e da produtividade dos países.

Segundo Mairesse e Mohlen (2010), o modelo CDM foi customizado de diversas maneiras, por exemplo: utilizando as despesas totais com inovação e não apenas os gastos de P&D (Löf & Heshmati, 2006; Janz, Löf & Peters, 2003), por meio do uso da lucratividade, em vez da produtividade como medida do desempenho econômico (Jefferson, Huamao, Xiaojing & Xiaoyun, 2006; Löf & Heshmati, 2006), fazendo distinções entre inovações novas para a firma e novas para o mercado (Duguet, 2006), e por meio da distinção entre os diferentes tipos de inovação, como inovações de produto e processo (Griffith *et al.*, 2006; Parisi, *et al.*, 2006; Roper, Du & Love, 2008; Polder, Van Leeuwen, Mohlen & Raymond, 2009, 2010).

De acordo com Mairesse e Mohnen (2010), as inovações de processo afetam diretamente o custo médio de produção (Duguet, 2006), enquanto as inovações de produto podem substituir total ou parcialmente produtos existentes e, assim, possuir efeitos mistos sobre as vendas, levando mais tempo para apresentar seus resultados nas estatísticas de produtividade. Os autores propõem um conjunto de recomendações para aumentar a qualidade e a relevância das pesquisas de inovação para a construção de modelos econométricos, citando as seguintes iniciativas: harmonização das pesquisas de inovação entre os institutos de diferentes países e entre suas edições ao longo do tempo, permissão de acesso mais fácil aos microdados das

pesquisas de inovação, consolidação dos dados das pesquisas de inovação com dados de outras pesquisas, criação de bases de dados longitudinais, coleta de dados consolidados por grupos de empresas que interagem no processo de inovação, adaptação das pesquisas de inovação para os países em desenvolvimento e o aumento da colaboração entre os estatísticos e os economistas envolvidos no processo de levantamento de dados e criação de modelos econométricos.

Polder *et al.* (2010) utilizando a abordagem proposta por Griffith *et al.* (2006) e ampliada por Mairesse e Robin (2009), analisam dados de 1987 empresas industriais e 3298 empresas de serviços holandesas para o período de 2002 até 2006, usando o modelo CDM ampliado visando incluir tanto os investimentos em P&D quanto os investimentos em TIC como entradas para a atividade de inovação (Eurostat, 2008). Os dados foram provenientes de diversas fontes de informação, como as pesquisas de inovação da comunidade europeia CIS 3.5, CIS 4 e CIS 4.5, além das pesquisas de negócios de TIC e pesquisas estatísticas de dados de produção.

Os autores usaram *dummies* para avaliar a equação de saída de inovação quanto às inovações de produto, processo e organizacional, que, ao final, alimentam a equação de produtividade. Os resultados encontrados por Polder *et al.* (2010) apontam que os investimentos em P&D têm um efeito positivo sobre a inovação de produto na indústria de transformação e os efeitos mais fortes sobre a produtividade são derivados de inovação organizacional, tendo os autores encontrado evidências que a inovação de processo é complementar à inovação organizacional e que apenas esta causa um impacto na PTF.

De acordo com Polder *et al.* (2010), não foi encontrada qualquer evidência sobre efeitos de investimentos em P&D na inovação no setor de serviços, de modo que é possível deduzir que medir inovação com base nos investimentos em P&D é mais apropriado para a manufatura do que para o setor de serviços. Os investimentos em TIC, o uso da banda larga e a realização de comércio eletrônico impactaram positivamente todos os três tipos de inovação no setor de serviços e os investimentos em TIC estão relacionados positivamente com o aumento da inovação organizacional tanto no setor de serviços quanto no de manufatura.

Para Czernich *et al.* (2011), no contexto dos modelos de crescimento endógeno, em que a geração e distribuição de ideias e informações age como o principal motor do crescimento econômico, a internet de alta velocidade via infraestrutura de banda larga pode afetar as capacidades de inovação da economia por meio do desenvolvimento de novos produtos, processos e modelos de negócios para promover o crescimento. Além disso, a divulgação de informações de forma mais barata pode facilitar a adoção de novas tecnologias concebidas por outros, que mais uma vez promove o crescimento econômico (Nelson & Phelps, 1966; Benhabib & Spiegel 2005; como citado em Czernich *et al.* 2011). Para os autores, isso também

sugere que *spillovers* de conhecimento codificados entre empresas e regiões podem constituir outro canal pelo qual a tecnologia da informação em geral e implantação de banda larga em particular podem afetar o crescimento econômico.

Musolesi e Huiban (2010) estudaram a relação entre conhecimento, inovação e produtividade para as empresas de serviços baseadas em uso intensivo de conhecimento (KIBS), usando microdados de 2300 empresas francesas que responderam ao CIS3. Os autores obtiveram com o resultado da análise que a inovação é frequente nas KIBS analisadas e possui um efeito positivo na produtividade, com magnitude similar a encontrada para empresas italianas (Parisi *et al.*, 2006), sendo o conhecimento formal advindo dos investimentos em P&D e as aquisições de equipamentos, licenças e patentes, os principais determinantes da inovação, padrão similar ao encontrado nas pesquisas sobre manufatura.

Ortega-Argilés, Piva, Potters & Vivarelli (2010) utilizam uma abordagem distinta de Crepon *et al.* (1988) para modelar a relação entre investimentos em conhecimento, como P&D, e aumento de produtividade. As autoras propõem o uso da metodologia proposta por Hall e Mairesse (1995), usando de uma função de produção tipo Cobb-Douglas, equação 23, em que a produtividade do trabalho é a variável dependente, definida pelo quociente entre o valor agregado (VA) e o pessoal ocupado (Po), e as variáveis independentes são o capital fixo *per capita* (K/Po), o pessoal ocupado e o estoque de pesquisa *per capita* (C/Po). O estoque de pesquisa foi calculado com base nos gastos presentes e passados em P&D, seguindo a abordagem proposta por Griliches (1979) para a função de conhecimento.

$$\ln (VA / Po) = \alpha + \beta \ln (K / Po) + \ln \gamma (C / Po) + \lambda \ln (Po) + \varepsilon \quad (23)$$

todas as variáveis em logaritmo natural.

Ortega-Argilés *et al.* (2010) estimaram os regressores da produtividade do trabalho de 15 setores da indústria em 9 países com dados de um período de 12 anos, confirmando que o estoque de P&D tem um impacto positivo e significativo na produtividade das empresas e demonstrando que o coeficiente de elasticidade cresce monotonamente à medida que se passa dos setores de menor para os de maior intensidade tecnológica. As autoras argumentam que as firmas em setores de alta intensidade tecnológica estão muito à frente em termos do impacto de seus investimentos em P&D na produtividade, pelo menos no que diz respeito aos maiores investidores em P&D europeus.

Hall (2011) realizou uma pesquisa sobre os estudos que buscavam evidências empíricas acerca da relação entre inovação e produtividade, tendo elencado 25 estudos, dos quais dezoito

utilizavam o modelo CDM e sete uma função de produção tipo Cobb-Douglas. O autor conclui, tendo como base esses estudos, que existe uma correlação positiva entre inovação e produtividade das empresas, tanto em relação à análise do nível da produtividade quanto do crescimento desta, sendo essa correlação mais forte quanto é devida à inovação do produto e mais variável, inclusive negativa, quando é devida à inovação de processo, mesma conclusão apontada por Mairesse e Robin (2009).

Mairesse, Mohnen, Zhao e Zhen (2012) utilizaram o modelo CDM para analisar o impacto da inovação na produtividade da economia chinesa no biênio 2005-2006, por meio dos dados de 13245 empresas pertencentes a quatro setores: têxtil, confecções de roupas, equipamentos de transporte e equipamentos eletrônicos. Os resultados do trabalho apontam que os investimentos em inovação têm um impacto positivo na produtividade tanto em setores de alta-tecnologia como o de equipamentos eletrônicos quanto os de baixa-tecnologia como o têxtil, e as empresas controladas pelo governo chinês eram mais inovadoras que as empresas controladas por multinacionais, contudo possuíam níveis de produtividade inferiores, o que, segundo os autores, ocorre em virtude de as empresas multinacionais não terem departamentos de P&D na China mas realizarem transferências de tecnologia para suas subsidiárias chinesas.

De acordo com Crespi e Zuniga (2012), o baixo crescimento da produtividade é a causa raiz do fraco desempenho econômico dos países latino-americanos nas últimas quatro décadas e a inovação é essencial para melhorar a produtividade. Os autores afirmam que a inovação é a resposta para recuperar o atraso para as economias latino-americanas e a adoção da inovação pelas empresas depende do estabelecimento de políticas públicas de incentivo à inovação, como financiamentos públicos e o fortalecimento de sistemas que garantam a propriedade intelectual, tornando estes mais acessíveis e ágeis para as pequenas e médias empresas, como por exemplo, na obtenção de patentes.

Crespi e Zuniga (2012) analisaram os determinantes de inovação tecnológica e seu impacto na produtividade do trabalho em seis países latino-americanos (Argentina, Chile, Colômbia, Costa Rica, Panamá e Uruguai), utilizando microdados de pesquisas sobre inovação, bem como um modelo CDM semelhante a Griffith *et al.* (2006), tendo personalizado o modelo para as especificidades das pesquisas sobre inovação na América Latina, tendo aplicado o modelo tanto nos dados das empresas que reportaram investimentos em inovação quanto às que não o fizeram. Os autores encontraram resultados de acordo com a literatura (Griffith *et al.*, 2006; Raffo *et al.*, 2008; Mairesse & Robin, 2009; Álvarez, Bravo-Ortega, & Zahler, 2015), mas em desacordo com Benavente (2006), que não encontrou relação entre investimentos em P&D e aumento de produtividade no caso chileno.

Para Crespi e Zuniga (2012), as empresas que investiram em atividades inovativas para aumentar o conhecimento mostraram-se mais capazes de introduzir novos avanços tecnológicos e os avanços tecnológicos obtiveram alta correlação com aumentos na produtividade do trabalho, fato não verificado nas empresas que não investiam em atividades inovativas.

Seguindo uma abordagem distinta, Raymond, Mairesse, Mohnen e Palm (2013) usaram uma função de produção Cobb-Douglas, aumentada utilizando os dados das pesquisas de inovação CIS-2, CIS-3 e CIS-4 e cobrindo o período de 1994 até 2005 para avaliar o impacto da inovação na produtividade das empresas francesas e holandesas, contabilizando 2505 observações na França e 1639 observações na Holanda. Os resultados do estudo apontam que as atividades de P&D realizadas continuamente durante os últimos dois a quatro anos, bem como a intensidade dessas atividades, afetam, significativamente, a ocorrência e a intensidade de inovações de produto.

Raymond *et al.* (2013) encontraram fraca prova de persistência em inovação de produto, mas uma forte evidência de persistência nos níveis de produtividade do trabalho. Tanto a ocorrência quanto a intensidade da inovação em produto desempenham um papel importante no aumento da produtividade do trabalho no nível da firma. Outro achado dos autores é o fato de a produtividade passada não afetar a inovação de produto de modo significativo, o que é uma evidência da causalidade unidirecional correndo de inovação para a produtividade, sem um efeito de *feedback*.

Bertschik, Cerquera e Klein (2013) utilizaram uma função Cobb-Douglas para avaliar o impacto da adoção da banda larga e dos investimentos em TIC na probabilidade de inovar e na produtividade do trabalho, sendo o escopo de análise um conjunto de aproximadamente 1000 empresas alemãs durante o período de expansão das linhas de assinante digital dos anos de 2001 até 2003. Os resultados apontaram que a implantação da banda larga apresenta um impacto positivo e significativo sobre as atividades de inovação da firma, aumentando em 6% a probabilidade de inovar, contudo, segundo os autores não foi encontrada relação entre a adoção do uso da banda larga e o aumento da produtividade do trabalho, o que provavelmente seria reflexo do curto período analisado.

Hall, Lotti e Mairesse (2013) usam uma versão aumentada do modelo CDM, no qual eles tratam os investimentos em TIC em paralelo com os investimentos em P&D, usando ambos como entrada para a inovação em vez de, simplesmente, como uma entrada da função de produção. Os autores analisaram os dados de 9850 empresas industriais italianas, coletados pela Unicredit em quatro ondas de pesquisas cobrindo o período de 1995 até 2006.

Hall *et al.* (2013) foram capazes de avaliar as possíveis complementaridades entre os diferentes tipos de atividades de inovação e de explicar o papel dos investimentos em TIC na função de conhecimento. Os autores encontraram forte relação entre investimentos em TIC e em P&D no aumento da produtividade do trabalho das indústrias, com índices de elasticidade de 0.2 e 0.1 respectivamente, assim para cada euro investido pela empresa em TIC e em P&D, a mesma obteve um retorno de 45 e 10 euros respectivamente, evidência que leva os autores a afirmar que as empresas italianas estão investindo em um nível abaixo do ideal em inovação.

Mohnen e Hall (2013) atualizando os trabalhos de Hall (2011) sobre inovação e produtividade e de Mairesse e Mohnen (2010) sobre o uso de pesquisas de inovação, realizaram uma pesquisa sobre os trabalhos empíricos com foco na correlação entre investimentos em P&D, inovação e produtividade, tendo encontrado um total de 30 artigos, em que treze deles tratavam exclusivamente de inovações de produto e dezessete deles tratavam de mais de um tipo de inovação.

De acordo com Mohnen e Hall (2013), não é possível individualizar os efeitos de cada tipo de inovação na produtividade devido a medição imperfeita da inovação pelas pesquisas e a simultaneidade da ocorrência dos diferentes tipos de inovação, mas para os autores parece existir complementariedade entre os mesmos (Hall *et al.*, 2013; Pórtter *et al.*, 2010). Os autores concluem que a inovação leva a um aumento da produtividade por meio de todos os tipos de inovação consideradas: produto, processo, organizacional e marketing (OCDE, 2005a).

Mohnen e Hall (2013) apontam possíveis agendas futuras para aumentar a compreensão entre a inovação e a produtividade, enumerando itens como uma ampliação do modelo CDM para incluir os efeitos da competição e dos preços no desempenho das empresas, um esforço para a criação e o uso de uma base de dados quantitativos sobre outros tipos de inovação além da inovação de produtos e a análise da decisão das empresas de começar e parar de investir em inovação, buscando seus determinantes.

A literatura econômica tem desenvolvido diferentes pontos de vista sobre o impacto de uma desaceleração da economia nos investimentos em P&D, usada como uma *proxy* para a inovação. Uma linha de pesquisa defende comportamento anticíclico dos investimentos em P&D, assim, em tempos de uma crise econômica, quedas de rentabilidade incentivariam as empresas a procurar medidas para melhorar a produtividade, ao mesmo tempo, que poderiam ser realocados recursos da produção para P&D devido a baixa demanda (Aghion & Saint-Paul, 1998). Isso está em linha com a noção schumpeteriana da destruição criativa, segundo a qual uma crise abre novas oportunidades, que levariam à inovação e, como consequência, a um aumento da produtividade e esta ao final da crise (Schumpeter, 1934/1997).

A outra linha de pesquisa sugere, ao contrário, que o comportamento da inovação é pró-cíclico e que esta depende fortemente da demanda. Se a demanda é baixa, não há incentivo para introduzir novos produtos no mercado e como P&D é muitas vezes financiado pelo fluxo de caixa livre da empresa, o qual diminui durante a crise econômica, as empresas acabam tendo restrições financeiras o que as leva a realizarem uma redução nos investimentos em P&D (Hall, 1992; Rafferty & Funk, 2008). Essa linha de pesquisa tem se mostrado mais promissora, com estudos empíricos que reforçam o carácter pró-cíclico dos investimentos em P&D durante crises econômicas (Hud & Hussinger, 2014; OCDE, 2012; Paunov, 2012).

A inovação é o resultado, em grande medida, de decisões de investimento tomadas por empresas e essas decisões são afetadas pelas mesmas condições que influenciam o investimento em geral. Com efeito, é importante considerar a qualidade da regulamentação, a proteção dos direitos de propriedade, o código tributário, o regime macroeconômico, a intensidade da concorrência e o desenvolvimento da infraestrutura, pois isso afeta as decisões de investimento em inovação, algumas vezes até com mais intensidade que investimentos no capital imobilizado (Andrews & Crescuolo, 2013).

Concluindo, pode ser verificado que diversos estudos encontraram correlação positiva entre inovação e produtividade, Tabela 2, com graus de elasticidade de até 0.3. Os principais achados desses trabalhos apontam ainda para a possível complementariedade entre os diferentes tipos de inovação e para os ganhos obtidos pelos investimentos em TIC, tanto na propensão de inovar quanto na produtividade das empresas (Mohnen & Hall, 2013).

Tabela 2 - Resumo trabalhos com foco em inovação e produtividade - continua

Autor	Ano	País	Observações	Método de estimação	Medida da produção	Medida da Inovação	Impacto estimado da Inovação na Produtividade	Comentários
Griiliches	1980	Estados Unidos	Período de 1957-1965 883 empresas industriais	Cobb-Douglas	Log vendas por empregado	Log investimentos em P&D	Entre 0,05 até 0,1	Não encontrou relação entre o tamanho da empresa e a propensão em inovar
Griiliches	1986	Estados Unidos	Período 1957-1977 1000 ei	Cobb Douglas				
Hall e Mairesse	1995	França	Período de 1980-1989 197 empresas	Cobb Douglas	Log Valor Adicionado por empregado	Log investimentos em P&D		Investimento em P&D aumenta a produtividade do trabalho Financiamento público para P&D pouco efetivo até atingir 20% do total
Crépon, Dugnet e Mairesse	1998	França	Período de 1986-90 4164 empresas industriais	CDM ALS	Log Valor Adicionado por empregado	Log percentual vendas inovativas	0,065(0,015)***	Impacto positivo da inovação na produtividade
Janz, Löffel e Peters	2003	Alemanha Suécia	Período de 1998-2000 1049 firmas intensivas no uso do conhecimento	CDM Sequencial IV	Log vendas por empregado	Processo	0,27 0,29	
Huergo e Jaumandreu	2004	Espanha	Período de 1990-1998 2300 empresas em painel	Cobb-Douglas	Crescimento da PTF	Processo	0,015***	Impacto positivo imediato, torna-se nulo após três anos sem novas inovações
Tsai e Wang	2004	Taiwan	Período de 1994-2000 156 empresas listadas na bolsa de Taiwan em segmentos de Alta e baixa tecnologia	Cobb Douglas	Log Valor Adicionado por empregado	Log investimentos em P&D	0,3 AT 0,07 BT	Impacto maior de P&D na produtividade das firmas de alta tecnologia
Conte e Vivarelli	2005	Itália	Período 1998-2000 2940 ei	Cobb Douglas		Produto Processo		Empresas pequenas inovam comprando tecnologia embarcada em máquinas, empresas grandes inovam investindo em P&D
Löffel e Hesmati	2006	Suécia	Período de 1996-1998 1078 empresas industriais 718 empresas de serviços	CDM 3LS	Log Valor Adicionado por empregado	Produto Processo	produto: 0,12***manufat. 0,09**serviços Processos: -0,07***manufat. -0,07 serviços	Probabilidade de inovar aumenta com o tamanho da empresa
Benavente	2006	Chile	Período 1995-98 438 empresas industriais (ei)	CDM	Log Valor Adicionado por empregado	Log percentual vendas inovativas	0,18 (0,11)*	
Chudnovsky, López e Pupato	2006	Argentina	Período de 1992 até 2000 718 ei	CDM Estimativa sequencial com efeitos fixos	Log vendas por empregado	Produto Processo Produto+Processo	0,088 Produto 0,178 Processo 0,136 Prod+Processo	Inovação vista como método para estabelecer vantagem competitiva pelas empresas inovadoras
Dugnet	2006	França	Período de 1986-1990 4085 ei	CDM ALS	Crescimento da PTF	Inovação radical de produto Inovação incremental de produto	0,022** para radical -0,01 para incremental	Apenas inovações radicais tem impacto no aumento da PTF

Tabela 2 - Resumo trabalhos com foco em inovação e produtividade - continua

Autor	Ano	País	Observações	Método de estimação	Medida da produção	Medida da Inovação	Impacto estimado da Inovação na Produtividade	Comentários
Griffith, Huergo, Maieresse e Peter	2006	Alemanha, Espanha, França e Reino Unido	Período 1998-2000 1123 ei alemãs, 3588 ei espanholas, 3625 ei francesas e 1904 ei inglesas	CDM	Log vendas por empregado	Dummies de produto e processo	AI: 0.02 (0.05)** Proc 0.05(0.03) Prod ES: - 0.04(0.04)Proc 0.18(0.03)**Prod Fr: 0.07(0.03)**Proc 0.06(0.02)**Prod UK: 0.03(0.04)Proc 0.06(0.02)**Prod	Inovação em processos com impacto positivo na produtividade apenas na França. Inovação em Produtos só não teve impacto na Alemanha
Mairesse, Molnem e Kremp	2005	França	Período de 1998-2000 889 firmas do setor de alta tecnologia (AT) e 1354 firmas de setores de baixa tecnologia (BT)	CDM ALS	Log vendas por empregado	Produto novo pra firma Produto novo pro mercado processo	0.031***AT 0.051***BT 0.047***AT 0.050***BT 0.063***AT 0.097***BT	inovações introduzidas separadamente
Parisi, Schiantarelli e Sembenelli	2006	Italia	Período de 1992-1997 465 ei	Cobb-Douglas	crescimento da produtividade do trabalho crescimento da PTF	Produto Processo Produto Processo	0.08 0.14*** 0.13* 0.15***	P&D associado com novo produto Investimento em capital fixo associado com inovação de processos
Hall, Lotti e Mairesse	2008	Italia	Período de 1992-2003 14294 ei	CDM	Log vendas por empregado	4 dummies de inovação	Produto : 0.69(0.15)**** Processo:-0.43(0.13)****	Impacto positivo da inovação em produtos e impacto negativo da inovação de processos na na PTF
Mairesse e Robin	2009	França	3534 ei para o período 1998-2000 4955 ei para o período 2002-2004 3599 firmas de serviços para o período 2002-2004	CDM MV	Log vendas por empregado	Produto Processo	0.14*** produto 0.02 processo 0.13*** produto -0.02** processo 0.17*** produto -0.01 processo	Inovação em processo tem impacto positivo na indústria mas não em serviços
Raifo, Lhuillery e Miotti	2008	França, Espanha, Suíça, Brasil, Argentina, México	Período de 1998 até 2001, exceto Espanha para o período de 2002 até 2004	CDM Sequencial IV	Log vendas por empregado	Produto Organização	0.075 *** prod. França 0.156*** prod Espanha 0.101*** prod Suíça -0.219***prod Argent. 0.220***prod Brasil 0.054*** organiz. Brasil 0.313 prod México	Inovação em organização significante apenas no caso brasileiro

Tabela 2 - Resumo trabalhos com foco em inovação e produtividade - final

Autor	Ano	País	Observações	Método de estimação	Medida da produção	Medida da Inovação	Impacto estimado da Inovação na Produtividade	Comentários
Musolesi e Huiiban	2010	França	Período de 1998 até 2000 416 empresas de serviços de conhecimento intensivo (KIBS)	CDM MV	Log Valor Adicionado por empregado	Produto Processo Tecnológica Não-tecnológica	0.324*** produto 0.131 processo 0.210* tecnol. 0.271 não tecnol.	Impacto positivo da inovação na produtividade, resultados similares a Parisi et al. (2006)
Ortega-Argilés, Piva, Potters & Vivarelli	2010			Cobb-Douglas	Log valor adicionado por empregado			
Polder, M., Leenwen, V. G., Mohnen, P., & Raymond	2010	Holanda	Período de 2002-2006 1987 e 3298 empresas de serviços	CDM ampliado	Log Valor Adicionado por empregado	Produto Processo Organizacional	0.016*** 0.043*** 0.17*** 0.04*** serv: pro+proc+org	Utilizou uma versão ampliada do CDM com investimentos em TIC e em P&D como determinantes da inovação
Mairesse, Mohnen, Zhao e Zhen	2012	China	Período de 2005-2006 13245 firmas em 4 indústrias	CDM Sequencial IV	Log vendas por empregado	Log vendas inovativas por empregado	Entre 0.246*** até 1.119***	Estimativa realizada em separado para cada indústria
Raymond, Mairesse, Mohnen e Palm	2013	França e Holanda	Período de 1994-2005 2505 observações na França e 1639 observações na Holanda	Cobb Douglas MV	Log vendas por empregado	Log transformação da participação de vendas inovativas	De 0.043*** até 0.107*** na França De 0.045*** até 0.197*** na Holanda	Relação causal indo da inovação para a produtividade
Cavalcante, Jacinto e DeNegri	2015	Brasil	Período de 2000-2008	Cobb-Douglas para dados em cross-section CDM reduzido para dados em painel	Log vendas por empregado	Log investimentos em P&D	De 0.08 até 0.11*** para dados em cross-section 2008 De 0.06 até 0.10*** para dados em painel de 2000 até 2008	Relação positiva entre investimento de P&D com a produtividade do trabalho aumentando impacto desde setores de baixa até os de alta tecnologia

Fonte: elaborado pelo autor

2.3.2 Inovação e produtividade no Brasil

Os países latino-americanos usam os investimentos em capital fixo como principal fonte de inovação. Contudo, como investem um percentual inferior de suas vendas em P&D quando comparados aos países da OCDE acabam por possuir uma baixa capacidade absorviva do conhecimento, o que leva a uma queda no nível de produtividade desses países quando comparado aos países mais avançados (Crespi, *et al.*, 2014a).

O trabalho de DeNegri *et al.* (2007) analisou os dados de aproximadamente 24 mil indústrias no Brasil para o período de 1996 até 2003, buscando entender se o aumento dos investimentos em P&D levariam a um crescimento mais rápido das firmas e a um aumento nos investimentos em capital fixo. Os autores usaram um conjunto de cinco equações similares ao modelo CDM e utilizando teste de causalidade Granger encontraram que empresas que investem em P&D crescem mais rápido, além de investir entre 10% a 18% mais em capital fixo que as empresas que não investem em P&D.

Raffo *et al.* (2008) realizaram um estudo comparativo internacional utilizando dados de três países europeus (França, Espanha e Suíça) e de três países latino-americanos (Brasil, Argentina e México), tendo aplicado o modelo CDM. Entre os achados do estudo está a confirmação que a intensidade dos investimentos em P&D tem correlação com o aumento das inovações de produto em todos os países analisados e que a inovação de produto influencia a produtividade do trabalho em todos os casos.

Segundo Raffo *et al.* (2008), as empresas nos países em desenvolvimento encontram dificuldades no estabelecimento de redes de inovação, o que dificulta o investimento em P&D por estas, sendo uma dificuldade particular o estabelecimento de um elo entre a pesquisa acadêmica e a indústria. Os autores ainda apontam a extensão limitada do apoio público na promoção da inovação, o que limita a intensidade de inovação das empresas nos países em desenvolvimento, indicando que ambos os resultados sugerem que ainda existe amplo escopo de políticas públicas a serem utilizadas para estimular o comportamento inovador e a promover a interação entre a indústria e o setor acadêmico.

Grazzi e Jung (2015) analisaram a relação entre inovação, produtividade e a adoção de banda larga para os países da América Latina, incluindo o Brasil, empregando um modelo recursivo *probit* e dados provenientes da pesquisa empresarial do Banco Mundial (WBES) contendo informações de mais de 10000 empresas latino americanas. Foi avaliado o impacto da adoção da tecnologia de banda larga no desempenho inovador das empresas, tanto em inovação de produto quanto de processo e o impacto do grau de utilização do potencial da

tecnologia de banda larga. Entre as variáveis explanatórias para a decisão de inovar os autores incluíram a idade da empresa, como um *proxy* para a experiência tecnológica, o percentual de funcionários com terceiro grau, como um *proxy* para o capital humano, uma variável *dummy* para investimentos em aquisição de máquinas e equipamentos (Bertschek *et al.*, 2013), e uma variável *dummy* para banda larga para indicar a adoção dessa tecnologia.

Segundo Grazzi e Jung (2015), a banda larga é um componente-chave do processo de inovação e o acesso a ela por si só já aumenta o potencial de inovação das empresas, pois o uso da *Internet* para realizar pesquisas é positiva e significativamente relacionado com os resultados da inovação. Por fim, os autores citam o Plano Nacional de Banda Larga do governo brasileiro como uma iniciativa para aumentar a produtividade por meio do aumento da utilização da banda larga

Cavalcante, Jacinto e DeNegri (2015), utilizando uma função Cobb-Douglas conforme modelo proposto por Ortega-Argilés *et al.* (2010, 2015) e um modelo CDM simplificado (Crépon *et al.*, 1998), com dados da Pintec para os anos de 2000, 2005 e 2008 (IBGE, 2010), estimaram o impacto de investimentos em P&D e de investimentos em máquinas e equipamentos na produtividade do trabalho para a indústria brasileira, segmentando esta em setores desde os de baixa até os de alta tecnologia.

O trabalho de Cavalcante *et al.* (2015) contempla o resultado de análises de regressão da função Cobb-Douglas em *cross-section* para o ano de 2008 e em painel para o modelo CDM e indicam a existência de uma relação positiva entre investimentos em P&D, inovação e a produtividade do trabalho na indústria de transformação no Brasil. A magnitude das elasticidades para investimento em P&D por trabalhador para a *cross-section* varia de 0,08 a 0,11 para a indústria como um todo, já para os dados em painel, as elasticidades são um pouco menores, variando de 0,06 a 0,10.

Segundo Cavalcante *et al.* (2015), a relação entre P&D e produtividade é tanto maior quanto mais intensivo em tecnologia é o setor. Assim, em setores nos quais a competição é mais dependente de tecnologia, que são os setores que mais investem em P&D, os efeitos da P&D sobre a produtividade das empresas são maiores do que em setores tradicionais. Além disso, resultados revelam, também, que o inverso ocorre com o estoque de capital, cujos efeitos sobre a produtividade são maiores nos setores de menor intensidade tecnológica.

Paunov (2012) estudou a probabilidade de interromper investimentos em P&D nas empresas de oito países latino-americanos, incluindo o Brasil, em resposta à crise financeira global de 2008. Segundo a autora a probabilidade de parar projetos é maior em momentos de crise, mas possui correlação negativa com o recebimento de financiamentos públicos, portanto

estes são um meio importante para promover um comportamento anticíclico do investimento em P&D durante as crises econômicas.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo se inicia com a apresentação da estratégia e do método de pesquisa utilizado. Em seguida, é descrito o método de coleta dos artigos acadêmicos. Devido à indisponibilidade de dados que permitam validar o modelo econométrico proposto com um nível de acuracidade aceitável, o presente trabalho não engloba a validação do modelo teórico proposto por meio do uso de dados empíricos da economia brasileira.

3.1 Estratégia e método de pesquisa

O objetivo geral da pesquisa apresentada nesta dissertação consiste em propor um modelo econométrico que correlacione a produtividade do trabalho com a inovação e os investimentos públicos e privados na economia brasileira. Para o objetivo proposto, a estratégia de pesquisa a ser adotada será de natureza qualitativa e o método de pesquisa será a análise de arquivos (Yin, 2010).

De acordo com Bryman (2012), uma pesquisa pode ser classificada quanto à abordagem usada com a teoria, podendo ser dedutiva ou indutiva, a medida que a teoria é usada para analisar os dados empíricos ou se são estes que levam a formação da teoria. O presente estudo usa uma abordagem indutiva, pois realizando uma revisão da fundamentação teórica e dos principais achados empíricos, propõe um modelo econométrico específico para a economia brasileira, correlacionando crescimento econômico, produtividade e inovação.

Para a classificação da finalidade da pesquisa e seu método de levantamento de dados, utiliza-se a taxonomia proposta por Aaker, Kumar & Day (1997), que a qualifica em relação a dois aspectos: quanto à finalidade (exploratória, descritiva ou causal) e quanto ao método de coleta dos dados (com base em fontes primárias ou de fontes secundárias).

Quanto à finalidade, a pesquisa proposta nesta dissertação pode ser classificada como exploratória, uma vez que tem como objetivo primordial a proposição de um modelo econométrico com base na descrição da literatura teórica que fundamenta a relação entre crescimento econômico, investimentos, inovação e produtividade, bem como dos principais achados empíricos sobre os temas analisados. A pesquisa explora as características da correlação entre inovação, digitalização, investimentos, crescimento econômico e produtividade, esta sendo a variável dependente, sem interferência ou manipulação por parte do pesquisador.

Adicionalmente, uma pesquisa também pode ser classificada quanto à abordagem temporal, podendo ser corte transversal (*cross-section*) ou longitudinal (Malhotra, 2012). E o presente estudo se caracteriza como longitudinal, uma vez que a fundamentação cobre pesquisas realizadas quanto aos temas modelos de crescimento econômico, produtividade e inovação desde a década de 30 do século passado até a presente data.

3.2 Estratégia de busca dos artigos acadêmicos

Quanto à estratégia de coleta dos dados, os artigos acadêmicos, este estudo faz uso de dois repositórios digitais, o Googlescholar e o EBSCO. Para cada área de conhecimento, foi definido um autor seminal com base no qual seriam analisados os trabalhos e seus desdobramentos, priorizando trabalhos que tivessem mais de 10 citações anuais desde sua publicação até o ano de 2014 para artigos anteriores à 2010, assim, por exemplo, um artigo publicado no ano de 2000 deveria ter no mínimo 140 citações para ser considerado na análise. Para artigos posteriores a 2010, o critério utilizado foi que o somatório de citações dos autores do artigo supera-se 200 citações nos últimos 10 anos ou que os estudos fizessem referência a dados do Brasil.

Outro critério utilizado na coleta dos artigos foi a classificação do periódico da publicação segundo tabela Qualis 2014, priorizando artigos publicados em periódicos A1, A2 e B1, nesta sequência.

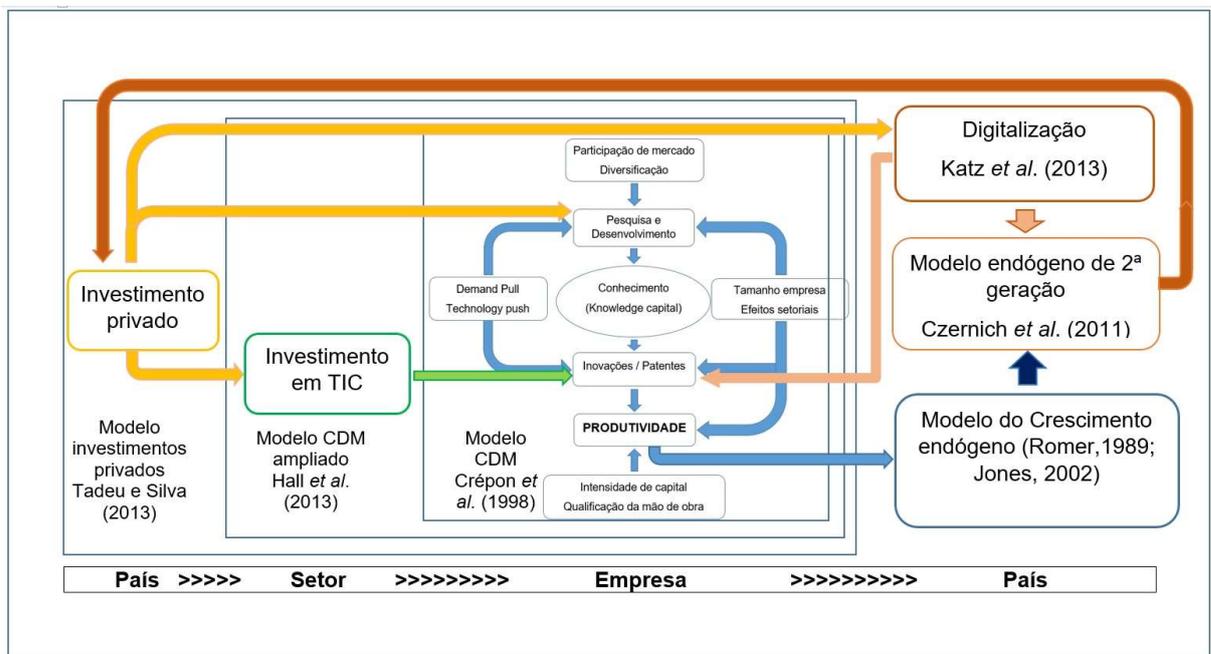
Para iniciar a revisão da literatura quanto a modelos de desenvolvimento econômico, o autor seminal selecionado foi Robert Solow, já para o tema inovação, o autor seminal selecionado foi Joseph Schumpeter e, por fim, para o tema inovação e produtividade, o autor seminal selecionado foi Yvi Griliches.

Os artigos utilizados neste trabalho tornam a amostra não probabilística, já que será composta por artigos que referenciavam direta ou indiretamente os autores seminais e que estavam presentes em, pelo menos um dos dois repositórios utilizados, EBSCO e Googlescholar, e para os quais foi possível recuperar o texto completo, ou seja, a escolha dos artigos pesquisados neste trabalho não ocorreu de forma aleatória. O mapa mental dos artigos pesquisados está descrito no Anexo B.

4. MODELO ECONOMÉTRICO

Após a revisão da literatura, tanto teórica quando empírica, sobre a Teoria do Crescimento Econômico, e das relações entre inovação, produtividade e investimentos, cuja visão consolidada e estilizada está presente no modelo de crescimento da Figura 4 e no Anexo C, e tendo em conta a indisponibilidade de dados que permitam ao presente autor simular mesmo que parcialmente esse modelo, é proposto neste trabalho a ampliação do modelo CDM, baseado nos trabalhos de Hall *et al.* (2013), de Katz *et al.* (2013) e de Tadeu e Silva (2013), como contribuição do presente trabalho.

Figura 4 - Modelo de crescimento econômico baseado nos investimentos em inovação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este modelo de equações estruturais, que será chamado a partir desta seção de Modelo de Crescimento baseado nos investimentos em inovação (MCBI), poderá ser usado, tão logo se disponha de dados, para avaliar o aumento da produtividade das empresas partindo de um enfoque macroeconômico, passando por seus desdobramentos nas decisões empresariais de investir em inovação e em TIC, até o consequente aumento da produtividade das empresas, alcançado como consequência daqueles investimentos, aumento de produtividade que reinicia o ciclo conforme a visão de destruição criativa Schumpeteriana postula (Aghion & Howitt, 1990; Jones, 1995; Romer, 1989; Schumpeter, 1942).

Segundo Tadeu *et al.* (2015) vários estudos revelam a necessidade de desenvolver modelos econométricos, utilizando informações confiáveis, a fim de obter mais determinantes relacionados com a produtividade no Brasil, especialmente desde o período relacionado com a implementação do Plano Real até agora. O modelo econométrico só é possível tendo em conta os avanços nas teorias sobre simulação e os princípios macroeconômicos nacionais.

O modelo CDM (Crépon *et al.*, 1998) segue a lógica das decisões das empresas, distinguindo três tipos de equações (ou grupos de equações), tratando da relação entre investimentos em P&D e seus determinantes no primeiro grupo, da relação entre os resultados da inovação e os investimentos em P&D no segundo grupo, a chamada função de produção do conhecimento (Griliches, 1979) e por fim a última equação que é uma função de produção tradicional aumentada para incluir resultados da inovação como determinantes da produtividade.

A proposta deste trabalho é estender o modelo CDM, criando o modelo MCBI, tentando lançar alguma luz na caixa preta sobre o processo de inovação desde o nível agregado da economia até o nível da empresa. Assim como Hall *et al.* (2013), investimentos em TIC estão incorporado diretamente como entrada na equação de produção de conhecimento, juntamente com os investimentos em P&D, tornando ambos determinantes do resultado da inovação, além de adicionarmos a inovação organizacional, juntamente com as inovações de produto e processo, como indicadores de saída da inovação, buscando uma visão mais completa dos dispêndios em inovação, que segundo a literatura são reportados abaixo dos níveis reais (Hall *et al.*, 2013; Polder *et al.*, 2009).

O objetivo do modelo econométrico MCBI aqui proposto é de estabelecer a hipótese de que a série de investimentos privados, subsídios governamentais, o PIB, o nível de digitalização, entre outros fatores, são correlacionados com as decisões dos empresários em investir em inovação e em TIC, o que permite a modelagem do comportamento em longo prazo da inovação e da produtividade e, com base nessa modelagem e de futuros dados que permitam sua simulação, propor políticas de incentivo à inovação segmentadas por setor econômico, baseadas em dados empíricos, aumentando a assertividade das políticas de estímulo ao aumento da produtividade e, assim, auxiliando a volta do crescimento econômico sustentado.

4.1 O Modelo de crescimento baseado nos investimentos em inovação

Será promovida a extensão da estrutura proposta por Griliches (1979), Crépon *et al.* (1998) e Hall *et al.* (2013), incorporando o índice de digitalização proposto por Katz *et al.*

(2013) como umas determinantes dos investimentos em TIC e em P&D, bem como são utilizados os determinantes de investimento privado conforme abordagem utilizada por Sundarajan e Takur (1980) e ampliada por Tadeu e Silva (2013).

A contribuição original de Griliches (1979) teve como ponto de partida uma função de produção na qual um dos principais insumos são os investimentos em P&D. Já Crépon *et al.* (1998) propuseram um modelo de equações estruturais que tem uma função de produção onde a variável de interesse chave é o resultado da inovação, medida em patentes por funcionário ou em vendas inovativas por funcionários. No caso de Hall *et al.* (2013), a função de produção proposta por Crépon *et al.* (1988) é aumentada para incorporar os investimentos em TIC como determinante na função de produção do conhecimento.

Já a contribuição dos trabalhos da escola do investimento e do crescimento econômico (Jorgenson, 1967; Sundarajan & Takur, 1980; Tadeu & Silva, 2013) foi encontrar os determinantes do investimento privado, e estimar o valor do investimento com um grau de acuracidade muito superior aos obtidos por Crépon *et al.* (1998) e Hall *et al.* (2013), além de mostrar como a inovação é fator essencial para promover o crescimento econômico via aumento de produtividade.

A abordagem adotada neste trabalho será semelhante quanto à função de produção do conhecimento, contudo com a inclusão do índice de digitalização (Katz *et al.*, 2013) como mais um dos determinantes da decisão de investir em P&D e em TIC, modelando essa decisão com base em uma função de produção similar à utilizada por Tadeu e Silva (2013) para encontrar os determinantes do investimento privado. O modelo MCBI é constituído por 3 passos: a decisão de investir, a função de produção de conhecimento e a função de produção de produtividade.

4.1.1 A decisão de investir

A primeira equação visa modelar a decisão (binária) da empresa entre investir ou não em atividades inovativas. Sendo assim, usando a variável E para representar o investimento em P&D, é obtida a seguinte equação 24 de seleção:

$$DE_i = \begin{cases} 1, & \text{se } DE_i^* = x_{1i} + \varepsilon_{1i} > c \\ 0, & \text{se } DE_i^* = x_{1i} + \varepsilon_{1i} \leq c \end{cases} \quad (24)$$

em que DE_i é uma função indicadora (observável) que assume valor 1 se a firma i apresentou dispêndio positivo em atividades inovativas.

DEi^* é uma variável indicadora latente, então, somente é possível observar se a firma investiu em atividades inovativas quando Di^* for maior que algum valor de referência c . Finalmente, x_{1i} é um conjunto de variáveis que explicam a decisão binária da empresa e ε_{1i} um termo de erro.

Dado que a empresa decidiu investir em atividades inovativas, a equação 25 visa modelar o esforço desse investimento. Seja Ei o logaritmo do investimento por trabalhador da empresa i :

$$Ei = \begin{cases} Ei^* = x_{2i}\beta + \varepsilon_{2i} & , \text{ se } Di = 1 \\ 0, & \text{ se } Di = 0 \end{cases} \quad (25)$$

em que Ei^* é uma variável latente medindo o logaritmo do investimento por trabalhador, x_{2i} é um conjunto de variáveis que explicam a magnitude do investimento realizado pela empresa i e ε_{2i} um termo de erro. Destaca-se que x_{2i} conterá algumas variáveis de interesse, a saber, uma variável binária que assume valor 1 se a empresa possui financiamento público para inovação, uma variável contínua para o nível de digitalização dos países, bem como um conjunto de outras variáveis descritas no Anexo D.

Uma das inovações no modelo MCBI está no fato de o conjunto de variáveis explicativas x_{1i} e x_{2i} utilizarem tanto variáveis normalmente utilizadas no modelo CDM (Crépon *et al.*, 1998; Hall *et al.*, 2013; Polder *et al.*, 2010) como a idade e tamanho da firma, além de também utilizarem variáveis explicativas utilizadas em modelos de determinantes de investimento (Luporini & Alves, 2010; Sundarajan & Takur, 1980; Tadeu & Silva, 2013; Tadeu *et al.*, 2015) como o PIB e a taxa de juros. O objetivo dessa abordagem é obter maior precisão no valor dos investimentos estimados pelo modelo, pois, nos trabalhos que utilizam o modelo CDM, o coeficiente R^2 para a equação 25 oscila entre 0.1 e 0.25, enquanto, nos modelos de determinantes do investimento o coeficiente R^2 , situa-se acima do patamar de 0.85, conforme pode ser verificado na Tabela 1, indicando maior correlação entre as variáveis dependente e independente, o que aumenta a capacidade do modelo de inferir o investimento de empresa i (Gujarati & Porte, 2011; Hair *et al.*, 2009).

Assumindo que os termos de erro ε_{2i} e ε_{1i} são bivariados normais com média zero e que matriz de covariância é dada por:

$$\begin{pmatrix} 1 & \\ \rho\sigma_\varepsilon & \sigma_\varepsilon^2 \end{pmatrix} \quad (26)$$

Matriz de covariância dos termos de erro das equações 24 e 25.

Sendo assim, a correlação entre os termos de erro das equações (24) e (25) é determinada por um coeficiente ρ . Caso $\rho = 0$, as duas equações são independentes, podendo ser estimadas separadamente. Uma vez que não é possível assumir isso *a priori*, o mais adequado será a estimação das duas equações conjuntamente, por meio de um modelo tobit tradicional (caso seja assumido que os vetores x_1 e x_2 sejam compostos pelas mesmas variáveis) ou um modelo de seleção de Heckman, outro nome dado ao modelo de máxima verossimilhança (MV), caso os vetores x_1 e x_2 sejam compostos por variáveis distintas.

4.1.2 A função de produção de conhecimento

No segundo passo, foi estimada uma função de produção de conhecimento, mas, ao contrário do Modelo CDM original, os investimentos em TIC são tratados como um possível determinante de inovação. A fim de contabilizar a parte da atividade inovativa que pode não ter sido formalizada pela empresa, não haverá restrição às estimativas aos investimentos em P&D e em TIC, mas também serão inclusos os investimentos em capital fixo. Isso é especialmente importante para as empresas latino americanas que não utilizam os investimentos em P&D e sim os investimentos em capital fixo como principal fonte de inovação (Crespi *et al.*, 2014b) e para as empresas industriais de setores de baixa tecnologia (Conte e Vivarelli, 2005, 2014) que utilizam investimentos em capital fixo para promover inovações incrementais de processo

Incluimos *dummies* para acordos de cooperação com universidades e com fornecedores, devido à dificuldade em inovar que as empresas brasileiras reportaram em relação a esses fatores (Rafo *et al.*, 2008) e um *dummy* para pertencimento a grupo empresarial, pois isso tem sido reportado como indicador de propensão à inovação (Crespi & Zuniga, 2012; Mohen & Hall, 2013). Propomos estimar o resultado da função de produção de conhecimento para três tipos de inovação: a de produto, a de processo e a não tecnológica (organizacional ou marketing), conforme Equação 27, a qual pode ser estimada usando o modelo *probit*.

$$INNO_i^j = \gamma_j PD_i^* + \gamma_j^{TIC} TIC_i + \gamma_j^I I_i + \beta_3 CoU_i + \beta_4 CoMKT_i + \beta_5 PG_i + x_i \delta^j + u_{ji}$$

para $j = 1, 2$ ou 3 (27)

Em que PD_i^* é o esforço latente de P&D, aproximado pelo valor previsto de P&D no primeiro passo do modelo, equação 25, TIC_i é a intensidade do investimento em TIC, I_i é a intensidade do investimento em capital fixo após desconto do investimento em TIC, CoU é um *dummy* para cooperação com universidade, $CoMKT$ é um *dummy* para cooperação com fornecedores e PG é um *dummy* para participação da empresa em grupo empresarial e u_{ji} são os erros da empresa i para a inovação j , supostos como tendo distribuição normal e média zero.

Os investimentos em TIC e em capital fixo estão colocados como o log da despesa anual por empregado. A inclusão do valor previsto de P&D em vez do declarado, deve-se ao fato de que todas as empresas podem ter algum tipo de esforço inovador, mas apenas algumas o relatam (Griffith *et al.*, 2006; Hall *et al.*, 2013).

4.1.3 A função de produção de produtividade

Finalmente, no terceiro e último passo do modelo, a produtividade é modelada usando uma função Cobb-Douglas, equação 28, que tem por variáveis explicativas a mão de obra, o capital e o resultado da função de conhecimento:

$$y_i = \pi_1 k_i + INNO_i^* \pi_2 + Z_i^\varphi + v_i \quad (28)$$

em que y é a produtividade do trabalho (vendas por empregado, em logs), k é o log de capital por trabalhador, $INNO^*$ é a probabilidade média prevista de inovação com base no segundo passo, devido ao alto grau de complementariedade entre os diversos tipos de inovação (Hall *et al.*, 2013; Polder *et al.*, 2010), e Z é o conjunto de todas as variáveis explicativas utilizadas em todas as equações. Note-se que Z inclui o log do emprego, que foi utilizado como *proxy* do tamanho da empresa e que essa equação de produção não impõe retornos constantes de escala.

Estimando a equação (28) por MQO ou MV, espera-se que a inovação, os investimentos em TIC e o grau de digitalização da economia estejam correlacionados positivamente com a produtividade.

4.2 Aplicabilidade do modelo MCBI

O presente trabalho começou contextualizando o Brasil no cenário econômico internacional, em que foi possível verificar primeiro que o país investe menos que outros países

em inovação e em formação bruta de capital fixo, quer sejam esses países emergentes, como a China e a Rússia, quer sejam esses países desenvolvidos, como os membros da OCDE e os Estados Unidos (IBGE, 2013; Ukon *et al.*, 2013). O trabalho prosseguiu verificando que o aumento da produtividade e dos níveis de investimento são apontados como fundamentais para a volta do crescimento econômico brasileiro no contexto atual de crise e devido aos limites demográficos e econômicos que se apresentam, ponto a partir do qual foi iniciada uma busca pelos fundamentos que a literatura poderia oferecer para demonstrar como atingir o aumento da produtividade e dos investimentos para um país em desenvolvimento em um momento de crise (Bonelli & Fontes, 2013; Cavalcante & DeNegri, 2014).

Este autor iniciou a revisão da literatura pela pesquisa da abordagem macroeconômica para a teoria do investimento e do crescimento econômico (Solow, 1956; Jorgenson, 1963; Romer, 1986, 1989; Jones, 1995, 2002) , e foi possível verificar que nos últimos 60 anos diversas escolas de pensamento tentam explicar o crescimento econômico das nações a partir dos fatores capital, trabalho e principalmente da mudança tecnológica, partindo do conceito neoclássico do Resíduo de Solow passando pelo conceito de estoque de conhecimento da Escola Endógena até chegar no conceito de estoque de idéias da abordagem semi-endógena e o conceito de digitalização como alavancador do crescimento econômico. Ocorre que nenhuma destas escolas fornece uma visão empírica de como aumentar a produtividade no nível da firma, apesar de fornecerem os fundamentos do que é a produtividade, de como ela poder ser medida e do papel da mesma no crescimento das nações.

A partir deste ponto, o foco deste autor voltou-se para os trabalhos que usando uma abordagem microeconômica tratavam da inovação e do seu reflexo no aumento da produtividade no nível da firma, tendo-se encontrado que nas últimas quatro décadas um conjunto de trabalhos pavimentou o conhecimento e comprovou a relação entre investimentos em P&D, como um *proxy* para inovação, e aumento de produtividade da firma, fato este que se soma a comprovação pela literatura neste século de que os investimentos em TIC também tem uma relação positiva com o aumento de produtividade da firma.

Ocorre que tanto a decisão de investir em P&D quanto a decisão de investir em TIC são tratadas como variáveis exógenas na abordagem microeconômica que estuda a relação entre inovação e produtividade (Crépon *et al.*, 1998; Hall *et al.*, 2013; Polder *et al.*, 2009), por esta razão, este autor propõe o modelo MCBI como resposta à laguna de conhecimento que ocorre na intersecção entre a abordagem macroeconômica das escolas do crescimento e investimento (Sundarajan & Takur, 1980; Tadeu & Silva, 2013) e a abordagem microeconômica da escola que estuda a relação entre inovação e produtividade.

O modelo MCBI explicita os determinantes dos investimentos das empresas no nível microeconômico usando não apenas variáveis da microeconomia mas também o ferramental teórico e empírico da abordagem macroeconômica, permitindo uma visão única, mas com diferentes níveis de agregação, das decisões de investimento que viabilizam a inovação e por consequência o aumento da produtividade das empresas, que levam ao crescimento econômico almejado.

O conjunto de equações que constituem o MCBI pode ser utilizado para direcionar políticas públicas de fomento ao crescimento econômico através do aumento da produtividade (Katz *et al.*, 2013). Como os fatores de produção, capital e trabalho, já não podem sustentar o crescimento econômico brasileiro alcançado no início deste século (Cavalcante & DeNegri, 2014) e como os investimentos privados em P&D e em TIC levam a um aumento da produtividade (Hall *et al.*, 2013), mas tem comportamento cíclico (Paunov, 2012) e tendem a serem reduzidos em momentos de crise como o atual, o modelo MCBI serve como um guia para determinar como melhor influenciar os investimentos privados e definir os incentivos públicos que maximizarão o aumento da produtividade da economia brasileira, permitindo a volta do crescimento econômico do Brasil.

O processo de avaliação das políticas públicas deve iniciar-se pela cálculo dos coeficientes do modelo MCBI baseado nos dados empíricos dos segmentos da economia brasileira, visando calibrar o modelo à realidade empírica. Com base nessa calibração inicial, é possível através de simulações de Monte Carlo e usando as variáveis propostas no Anexo D (Tadeu & Silva, 2013), avaliar o impacto individual e agregado de incentivos como leis de incentivo à inovação, os programas de melhoria da infraestrutura, a qualidade da regulamentação, a proteção dos direitos de propriedade, os custos dos serviços de telecomunicação, a universalização da banda larga e o código tributário, na variável de interesse, ou seja, a produtividade da firma, a qual poderá ser então agregada em níveis setoriais e nacionais para estimar o aumento da produtividade e do crescimento econômico em nível nacional.

Entre uma série de possíveis exemplos práticos da utilização do modelo MCBI na visão macroeconômica, podem ser elencados programas de incentivos setoriais focados em aumento da produtividade direcionados as especificidades dos setores, assim setores como o de serviços poderiam receber incentivos a treinamentos e à investir em TIC como um modo de acelerar a adoção de inovações de processos e com isto aumentar a produtividade, enquanto setores de alta tecnologia poderiam receber incentivos para aumentar as parcerias com as universidades

e para a criação de centros de P&D no país, tendo como pano de fundo destes movimentos o incentivo ao crescimento econômico.

Mudando para uma visão microeconômica, o uso do modelo MCDI em conjunto com simulações de Monte Carlo é de grande valia para as empresas (Tadeu *et al.*, 2015), permitindo que estas estimem os ganhos de produtividade que podem ser gerados por diferentes tipos de investimento em inovação, assim uma empresa do setor industrial por exemplo, pode avaliar se investimentos em compras de ativos fixos tendem a gerar maior ganho de produtividade do que investimentos em P&D, ou se é melhor que se faça uma divisão dos investimentos entre um conjunto de iniciativas incluindo treinamentos, compras de ativos fixos e parcerias com fornecedores, usando como direcionador de suas decisões de investimento um modelo calibrado à realidade setorial e focado no aumento da produtividade da firma.

O uso do modelo MCDI torna possível focar incentivos e investimentos onde eles efetivamente geram aumento de produtividade na firma e crescimento econômico, com decisões baseadas em dados e em um modelo de crescimento econômico aderente à economia brasileira, permitindo avaliar e incentivar do ponto de vista agregado o impacto da inovação no crescimento econômico nacional via aumento de produtividade, e antever do ponto de vista microeconômico a probabilidade de aumento da produtividade da firma como consequência de seus investimentos em inovação.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Parece existir consenso que a inovação juntamente às tecnologias de informação e comunicação estão mudando radicalmente o *modus operandi* da economia e os países que estão liderando essa transição mantêm suas posições movendo a fronteira tecnológica de suas economias com investimentos maciços em P&D e em TIC, bem como na capacitação e aumento de conhecimento de seu capital humano. A teoria do crescimento endógena incorporou o conhecimento como o eixo central do crescimento, deixando claro que é este o motor dessa nova era. O capital e o trabalho continuam a ser fatores de produção necessários, mas já não suficientes para promover o crescimento econômico .

O Brasil, após o Plano Real, vivenciou um ciclo de crescimento estável baseado na apreciação dos commodities, no aumento da população ocupada, na distribuição de renda e em investimentos em infra-estrutura, ações em linha com as esperadas pela escola neoclássica do crescimento contudo, cada um desses fatores, parece estar se aproximando de seus limites demográficos e econômicos, e não poderão mais ser utilizados em longo prazo como alavancas para crescimento da economia. Nesse contexto, são os investimentos em capital fixo e o aumento da produtividade que deverão ocupar o centro das atenções para viabilizar a volta do crescimento e do desenvolvimento econômico brasileiro de modo sustentado.

A participação elevada do setor de serviços e a baixa produtividade histórica apresentada pela economia brasileira como um todo, e de forma mais aguda pelo setor de serviços, torna a tarefa de aumentar a produtividade um desafio não trivial. A literatura plenamente comprovou que os investimentos em P&D e TIC levam a um aumento da produtividade a nível da firma mas também deixou claro que o modo com que isso ocorre é diferente entre os diversos setores, com os setores de baixa tecnologia focando em inovações incrementais por meio de investimentos fixos e os setores de alta tecnologia investindo mais em P&D..

O Brasil, assim como os demais países da América Latina, tem um baixo investimento privado em P&D, da ordem de apenas 0,6% e uma taxa de investimento em capital fixo bem abaixo de seus pares do bloco dos Brics .Para tornar a situação mais complexa, os estudos indicam que os países latino-americanos investem em inovação por meio da compra de máquinas e equipamentos, mas, devido ao baixo nível de investimentos em P&D, acabam por ter baixa capacidade absorptiva dos conhecimentos embarcados adquiridos, o que nos leva a ser a única região no mundo que aumentou a sua distância relativa quanto ao quesito produtividade em relação aos países mais desenvolvidos nos últimos 30 anos .

Entender o contexto que levou a economia brasileira ao atual estágio e compreender como as economias mais desenvolvidas estão mantendo seu crescimento não irá resolver o dilema nacional de focar na produtividade, pois a literatura é rica com dados e estudos sobre os países desenvolvidos, ou sobre aqueles que estão neste caminho, contudo, para as economias como a brasileira, é necessário que se crie uma agenda de pesquisa focada na criação de modelos econométricos que nos permitam avaliar a produtividade desde o ponto de vista macroeconômico até o nível da firma e, com base nesses modelos, envidar os melhores esforços para atingir o aumento da produtividade por meio de políticas baseadas nos melhores conhecimentos gerados pelos modelos de crescimento que se adéquem à realidade de inovação e de investimentos da economia nacional.

É sob esse prisma que o presente trabalho realizou um levantamento extensivo das diversas teorias e trabalhos dos últimos 70 anos com foco na produtividade, buscando fundamentar a proposta de um modelo econométrico que possa ajudar não apenas na compreensão do modo como as empresas inovam no Brasil e como melhor auxiliar o setor de TIC como alavanca de crescimento, ajudando a melhor direcionar programas como o TI Maior, do governo federal, mas também indicar como as empresas podem ser melhor suportadas em sua busca pela produtividade, quer seja por incentivos públicos, quer seja por transbordamentos de conhecimento da academia para o setor privado.

O modelo MCBI usa como embasamento os trabalhos de Tadeu e Silva (2013), Katz *et al.* (2013) e Hall *et al.* (2013), os quais provêm do conhecimento gerado pelas contribuições dos trabalhos realizados pelos principais atores mundiais quanto aos temas de crescimento econômico, produtividade e inovação, e talvez possa vir a representar um pouco para a economia brasileira, o que os modelos endógenos de crescimento, o modelo CDM de inovação e produtividade e o modelo de investimentos neoclássico representam para a economia mundial.

Dentre as limitações deste trabalho inclui-se a não validação do modelo MCBI devido a indisponibilidade de dados que permitissem tal verificação, bem como o escopo limitado dos trabalhos revisitados, devido a amostragem dos mesmos estar restrita aos estudos disponíveis nas bases de dados da Google Scholar e da EBSCO.

Como recomendações deste trabalho, inclui-se a coleta de dados e a simulação do modelo para os diversos segmentos da economia nacional, de modo que este possa ser refinado e validado. Outra agenda de pesquisa constitui a inclusão de dados quantitativos sobre outros tipos de inovação além da inovação de produto nas pesquisas de inovação como a PINTEC e a criação de bases de microdados consolidadas e desidentificadas que possam ser utilizadas pelos

pesquisadores de modo desburocratizado, conforme a agenda da iniciativa LA-KLEMS em curso na Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL).

REFERÊNCIAS

- Aaker, D. A.; Kumar, V; & Day, G. S. (1997). *Marketing Research*. 6th edition. John Wiley & Sons.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1990). A model of growth through creative destruction, No. w3223. *National Bureau of Economic Research*.
- Aghion, P., & Saint-Paul, G. (1998). Virtues of bad times interaction between productivity growth and economic fluctuations. *Macroeconomic Dynamics*,2(03), 322-344.
- Aghion, P., Blundell, R., Griffith, R., Howitt, P., & Prantl, S. (2009). The effects of entry on incumbent innovation and productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), pp. 20-32.
- Álvarez, R., Bravo-Ortega, C., & Zahler, A. (2015). Innovation and Productivity in Services: Evidence from Chile. *Emerging Markets Finance & Trade*, 51(3), pp. 593-611. doi:10.1080/1540496X.2015.1026696
- Andrews, D. & Criscuolo, C. (2013), "Knowledge-Based Capital, Innovation and Resource Allocation", *OCDE Economics Department Working Papers*, No. 1046, OCDE Publishing, Paris. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5k46bj546kzs-en>
- Arnold, J., Bassanini, A., & Scarpetta, S. (2007). Solow or Lucas? Testing growth models using panel data from OCDE countries. *OCDE Economics Department working papers*, No.592. OCDE Publishing
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The review of economic studies*, pp. 155-173.
- Banco Mundial. (2015). Formação de Capital bruto. Recuperado em 20 de setembro de 2015, de <http://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.TOTL.ZS>
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *Journal of Political Economy*, S103-S125.

- Barro, R.J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quartely journal of economics*, v.106, pp. 407-433.
- Beije, P. (1998). Technological Change in the Modern Economy. *Edward Elgar Publishing Limited*.
- Benavente, J. M. (2006). The role of research and innovation in promoting productivity in Chile. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), pp. 301-315.
- Bernardes, R., Bessa, V., & Kalup, A. (2005). A economia da inovação no setor de serviços: desvendando o cenário brasileiro. *São Paulo em Perspectiva*, 19(2), 115-134.
- Bils, M., & Klenow, P. J. (2000). Does schooling cause growth? *American economic review*, pp. 1160-1183.
- Bonelli, R. & Fonseca, R. (1998) Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira. Miemo.
- Bonelli, R. (2002) Labor productivity in Brazil during the 90's. Texto para discussão, nº 906. Rio de Janeiro, RJ: IPEA.
- Bonelli, R. & Bacha, E. (2012). Crescimento brasileiro revisitado. Recuperado em 01/09/2015 de <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=402880811D8E34B9011D9CCBFDD1784C&contentId=8A7C82C53616219F0137524762A83D18>
- Bonelli, R. & Fontes, J. (2013). Desafios brasileiros de longo prazo. FGV Ibre. Recuperado em 02/09/2015 de <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumPageId=402880811D8E34B9011D9CCBFDD1784C&contentId=8A7C82C53E5C8FD8013ED8396FEA21E1>
- BONELLI, R. (2014) Produtividade e armadilha do lento crescimento. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L.R. (Org.). *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*. Brasília: Ipea, v. 1 – Desempenho.
- Brito, E. P. Z., Brito, L. A. L., & Morganti, F. (2009). Inovação e o desempenho empresarial: lucro ou crescimento?. *RAE eletrônica*, 8(1).

Bryman, A. (2012). *Social research methods*. Oxford university press.

Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2000). Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance. *The Journal of Economic Perspectives*, pp. 23-48.

Cass, D. (1965). Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation. *The Review of economic studies*, pp. 233-240.

CAVALCANTE, L. R. (2015). Ambiente de negócios, investimentos e produtividade. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (2015). *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*, 2, p. 563. Brasília, DF: Ipea.

Cavalcante, L. R., & De Negri, F. (2014). *Produtividade no Brasil: uma análise do período recente*. IPEA.

Cavalcante, L., & De Negri, F. (2015). *Produtividade no Brasil : Desempenho e determinantes*, 2, p. 563. Brasília, DF: IPEA.

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth*. *The Economic Journal*, 121(552), pp. 505-532.

Chirinko, R. S. (1993). Business fixed investment spending: modeling strategies, empirical results, and policy implications. *Journal of Economic Literature*, 31(12), pp. 1875-1911.

Chudnovsky, D., López, A., & Pupato, G. (2006). Innovation and productivity in developing countries: A study of Argentine manufacturing firms' behavior (1992–2001). *Research policy*, 35(2), pp. 266-288.

Clark, J.M. (1917). Business acceleration and the law of demand: a technical factor in economic cycles. *Journal of Economic Literature*, 31, pp. 217-235.

Clark, J.M. (1944). Additional note on business acceleration and the law of demand. *American Economic Association, Readings in business cycle theory*.

Conte, A., e Vivarelli, M. (2005). One or Many Knowledge Production Function? Mapping Innovative Activity Using Microdata. *IZA Discussion Paper*, 1878

Conte, A., & Vivarelli, M. (2014). Succeeding in innovation: key insights on the role of R&D and technological acquisition drawn from company data. *Empirical Economics*, 47(4), pp. 1317-1340.

Correa, P., Sanchez, I.G., and Singh, H. (2005), 'Research, Innovation and Productivity: Firm, Level Analysis for Brazil. Mimeo.

Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, Innovation and Productivity: an econometric analysis at the firm level. *National Bureau of Economic Research Working Paper* No. 6696.

Crespi, G., & Zuniga, P. (2012). Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. *World Development*. 40(2), pp. 273-290

Crespi, G., Fernández-Arias, E., & Stein, E. (2014a). Rethinking Productive Development: Sound Policies and Institutions for Economic Transformation. Palgrave Macmillan.

Crespi, G., Arias-Ortiz, E., Tacsir, E., Vargas, F., & Zuñiga, P. (2014b). Innovation for economic performance: the case of Latin American firms. *Eurasian Business Review*, 4(1), 31-50.

De Negri, J. A., & Kubota, L. C. (2006). Estrutura e Dinâmica do Setor de Serviços no Brasil. Brasília: Ipea.

De Negri, J. A., Borges Lemos M., & De Negri, F. (2006) "Impact of P&D Incentive Program on the Performance and Technological Efforts of Brazilian Industrial Firms," *OVE Working Papers* 1406, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

De Negri, J.A., Esteves, L., and Freitas, F. (2007). 'Knowledge Production and Firm Growth in Brazil,' *Working Paper IPEA*, 21

Duguet, E. (2006). Innovation height, spillovers and TFP growth at the firm level: Evidence from French manufacturing. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), 415-442.

Domar, Evsey (1946). "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment". *Econometrica*, 14 (2), 137-147. doi:10.2307/1905364. JSTOR 1905364.

Englmann, F.C. (1994). A Schumpeterian model of endogenous innovation and growth. *Journal Evolutionary Economics*, 4, pp. 227-241.

Eurostat (2008). Information Society: ICT impact assessment by linking data from different sources. A consortium of European statistic agencies conducted for Eurostat, the ONS (Office of National Statistics in the UK).

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, pp. 253-290.

Fernald, J. G., & Jones, C. I. (2014). The Future of US Economic Growth. *The American Economic Review*, 104(5), pp. 44-49.

Ferreira, P.C., Ellery Jr, & Gomes, V. (2008). Produtividade Agregada Brasileira (1970-2000): Declínio Robusto e Fraca Recuperação. *Est. Econ.*, 38(1), 31-53.

Freeman, C., Clark, J., & Soete, L. (1982). Unemployment and technical innovation: A study of long waves and economic development. (1982). *Journal of Economic Literature*, 20(4), 1668-1669.

Freeman, C., & Soete, L. (2008). *A Economia da Inovação Industrial*. Editora da Unicamp.

Gallouj, F., & Weinstein, O. (1997). Innovation in services. *Research policy*, 26(4), pp. 537-556.

Grazzi, M., & Jung, J. (2015). ICT, innovation and productivity: evidence from Latin American firms.

Grazzi, M., Pietrobelli, C., & Szirmai, A. (2015). The performance of firms in Latin America and the Caribbean: Microeconomic factors and the role of innovation (No. 041). United Nations University-Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT).

Greene, J., & Villanueva, D. (1991). Private Investment in Developing Countries: An Empirical Analysis. *Staff Papers - International Monetary Fund*, (1), p. 33. doi:10.2307/3867034

Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford review of economic policy*, 22(4), pp. 483-498.

Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, pp. 92-116.

Griliches, Z. (1980). Returns to research and development expenditures in the private sector. In *New developments in productivity measurement* pp. 419-462. University of Chicago Press.

Griliches, Z. (1986). Productivity, R and D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970's. *The American Economic Review*, pp. 141-154.

Gujarati, D. N; Porter, D.C. (2011) *Econometria Básica*. Porto Alegre: AMGH Editora.

Guloglu, B., & Tekin, R. B. (2012). A panel causality analysis of the relationship among research and development, innovation and economic growth in high-income OCDE countries. *Eurasian Economic Review*, 2(1), pp. 32-47.

Hair et al. (2009). *Análise Multivariada de Dados*. Porto Alegre: Bookman.

Hall, R. E., & Jorgenson, D. W. (1967). Tax policy and investment behavior. *American Economic Review*, 57 (3), pp. 391-414.

Hall, B. H. (1992). Investment and research and development at the firm level: does the source of financing matter? (No. w4096). *National bureau of economic research*.

Hall, B. H., & Mairesse, J. (1995). Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms. *Journal of econometrics*, 65(1), pp. 263-293.

Hall, R.E., & Jones, C.I. (1996). The productivity of nations. *National Bureau of economic research Working Paper 5812*.

Hall, R. E., & Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others? (No. w6564). *National bureau of economic research*.

Hall, B. H., Lotti, F & Mairesse, J (2008), "Employment, Innovation and Productivity: Evidence from Italian Micro Data", *Industrial and Corporate Change*, 17 (4), pp. 813-839.

Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). The financing of R&D and innovation. *Handbook of the Economics of Innovation*, 1, pp. 609-639.

Hall, B. H. (2011). Innovation and productivity. *Nordic Economic Policy Review*, p. 167.

Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3), pp. 300-328

Harrison, R., J. Jaumandreu, J. Mairesse and B. Peters (2008), "Does Innovation Stimulate Employment? A Firm Level Analysis Using Comparable Micro Data from Four European Countries", *NBER working paper 14206*

Harrod, Roy F. (1939). "An Essay in Dynamic Theory". *The Economic Journal*, 49(193), pp. 14–33. doi:10.2307/2225181. JSTOR 2225181.

Howells, J. (2000). Innovation & services: New conceptual frameworks. Centre for Research on Innovation and Competition, The University of Manchester.

Hud, M., & Hussinger, K. (2014). The impact of R&D subsidies during the crisis. *ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper*, pp. 14-024.

Huergo, E., & Jaumandreu, J. (2004). Firms' age, process innovation and productivity growth. *International Journal of Industrial Organization*, 22(4), pp. 541-559.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2010). Pesquisa de inovação tecnológica 2008. Recuperado em 20 de junho de 2015, de <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/Publicacao%20PINTEC%202008.pdf>

IBGE. (2013). Relatório de contas nacionais (2013). Recuperado em 26 de junho de 2015, de ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2013/

IBGE. (2014). Brasil em números. Recuperado em 30 de agosto de 2014, de http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2/bn_2014_v22.pdf .

Janz, B., Lööf, H., & Peters, N. (2003). Firm Level Innovation and Productivity: Is there a Common Story Across Countries? (No. 03-26). *ZEW Discussion Papers*.

Jefferson, G., B. Huamao, G. Xioajing and Y. Xiaoyun (2006), "R&D Performance in Chinese Industry", *Economics of Innovation and New Technologies*, 15(4/5), pp. 345-366.

Jones, C. I. (1995). R & D-based models of economic growth. *Journal of political Economy*, pp. 759-784.

Jones, C. I. (2002). Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas. *American Economic Review*, 92(1), pp. 220-239.

Jorgenson, D. W. (1963). Capital theory and investment behavior. *American Economic Review*. 53(2), pp. 247-259.

Jorgenson, D. W., & Griliches, Z. (1967). The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies*, pp. 249-283.

Jorgenson, D. W. (1971). Econometric Studies of Investment Behavior: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 9(4), p. 1111.

Jorgenson, D. W. (2001). Information technology and the US economy. *American Economic Review*, pp. 1-32.

Jorgenson, D.W. (2011). Innovation and Productivity Growth. *American Journal of Agricultural Economics*, 93(2), pp. 276-296.

Katz, R. L., & Koutroumpis, P. (2012). Measuring socio-economic digitization: A paradigm shift. Available at SSRN 2070035.

Katz, R. L., Koutroumpis, P., & Callorda, F. (2013). The Latin American path towards digitization. *Info*, 15(3), pp.6-24.

Keynes, J. M. (1936). *The general theory of employment, interest, and money*. New York: A Harvest BHI Book

Koopmans, T. C. (1963). Appendix to 'On the Concept of Optimal Economic Growth' (No. 163A). Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.

Kubota, L. C., & de Almeida, M. W. (2011). Comércio e serviços mercantis no Brasil: uma análise de sua evolução recente. [Texto para Discussão, N°. 1640], Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Lööf, H. and A. Heshmati (2006), "On the Relationship between Innovation and performance: A Sensitivity Analysis", *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4/5), pp.317-344.

Luporini, V., & Alves, J. (2010). Investimento privado: uma análise empírica para o Brasil. *Economia e Sociedade*, 19(3), 449-475

Mairesse, J., Mohnen, P., & Kremp, E. (2005). The importance of R&D and innovation for productivity: A reexamination in light of the French innovation survey. *Annales d'Economie et de Statistique*, pp. 487-527.

Mairesse, J., & Robin, S. (2009). Innovation and productivity: a firm-level analysis for French Manufacturing and Services using CIS3 and CIS4 data (1998-2000 and 2002-2004). Paris: CREST-ENSAE.

Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Using innovation surveys for econometric analysis. *Handbook of the Economics of Innovation*, 2, pp. 1129-1155.

- Mairesse, J., Mohnen, P., Zhao, Y., & Zhen, F. (2012). Globalization, Innovation and Productivity in Manufacturing Firms: A Study of Four Sectors of China. *ERIA discussion paper*, 10.
- Malhotha, N. (2012). *Pesquisa de Marketing*. 6ª edição. Bookman.
- Melo, G. M.; Rodrigues Jr, W. (1998). Determinantes do investimento privado no Brasil: 1970-1995. *Texto para discussão n. 605*. IPEA, 35.
- Messa, A. (2013), Indicadores de produtividade: uma breve revisão dos principais métodos de cálculo. IPEA. *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, 28, pp. 17-26
- Messa, A. (2014). Metodologias de cálculo da produtividade total dos fatores e da produtividade da mão de obra. In F. De Negri & L.R. Cavalcante (Orgs.). *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*, 2, pp. 88-109. Brasília: IPEA.
- Mincer, J. (1974). Schooling, Experience, and Earnings. *Human Behavior & Social Institutions* No. 2. Recuperado de <http://econpapers.repec.org/bookchap/nbrnberbk/minc74-1.htm> em 15/12/2015.
- Mohnen, P., & Hall, B. H. (2013). Innovation and productivity: an update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47-65.
- Musolesi, A., & Huiban, J. (2010). Innovation and productivity in knowledge intensive business services. *Journal of Productivity Analysis*, 34(1), 63-81. doi:10.1007/s11123-009-0163-5
- Nelson, R., & Phelps, E. (1966). Investment in humans, technology diffusion and economic growth. *American Economic Review*, 56(2).
- Souza Neto, C. R., & Curado, M. L. (2005). Produtividade do trabalho, salários reais e desemprego na indústria de transformação do Brasil na década de 1990: teoria e evidência. *Revista de Economia Contemporânea*, 9(9).
- OCDE (2001). *Measuring productivity: Measurement of aggregate and industry-level productivity grow: OCDE Manual*. Organisation for Economic Co-operation and Development.

OCDE (2005a). *Manual de Oslo*. OCDE publishing

OCDE (2005b). *Promoting innovation in Services*. OCDE publishing

OCDE (2009), *Policy Responses to the Economic Crisis: Investing in Innovation for Long-Term Growth*, Paris.

OCDE (2012), *Innovation in the Crisis and Beyond*, in: OCDE Science, Technology and Industry Outlook 2012.

OCDE (2013). *OCDE Science, technology and industry scoreboard 2013*. OCDE publishing. L

Ortega-Argilés, R., Piva, M., Potters, L., & Vivarelli, M. (2010). Is corporate R&D investment in high-tech sectors more effective. *Contemporary Economic Policy*, 28(3), pp. 353-365.

Ortega-Argilés, R., Piva, M., & Vivarelli, M. (2015). The productivity impact of R&D investment: are high-tech sectors still ahead? *Economics of Innovation and New Technology*, 24(3), pp. 204-222.

Parisi, M.L., F. Schiantarelli, and A. Sembenelli (2006). Productivity, Innovation Creation and Absorption, and R&D: Micro Evidence for Italy. *European Economic Review*, 50(8), pp. 2037-2061.

Paunov, C. (2012). The global crisis and firms' investments in innovation. *Research Policy*, 41(1), pp. 24-35.

Phelps, E. (1961). The golden rule of accumulation: a fable for growthmen. *The American Economic Review*, pp. 638-643.

Polder, M., G. van Leeuwen, P. Mohnen and W. Raymond (2009), "Productivity Effects of Innovation Modes", *Amsterdam: Statistics Netherlands Working Paper 09033*

Polder, M., Leeuwen, V. G., Mohnen, P., & Raymond, W. (2010). Product, process and organizational innovation: drivers, complementarity and productivity effects. *UNU-MERIT working paper series: 2010-035*, 2010.

Programa TI Maior (2012). Programa estratégico de software e serviços de tecnologia da informação. Ministério da Ciência e da Tecnologia. http://www.mct.gov.br/upd_blob/0223/223107.pdf acessado em 25/06/2015.

Rafferty, M., & Funk, M. (2008). Asymmetric effects of the business cycle on firm-financed R&D. *Econ. Innov. New Techn.*, 17(5), 497-510.

Raffo, J., Lhuillery, S., & Miotti, L. (2008). Northern and southern innovativity: a comparison across European and Latin American countries. *The European Journal of Development Research*, 20(2), 219-239.

Raymond, W., Mairesse, J., Mohnen, P., & Palm, F. (2013). Dynamic models of R&D, innovation and productivity: Panel data evidence for Dutch and French manufacturing (No. w19074). *National Bureau of Economic Research*.

REIKARD, G. (2011). Total factor productivity and R&D in the production function. *International Journal of Innovation & Technology Management*, 8(4), 601-613.

Ribeiro, M. B., & Teixeira, J. R. (2001). An econometric analysis of private-sector investment in Brazil. *Cepal Review*.

Rocha, F. (2007). Produtividade do trabalho e mudança estrutural nas indústrias brasileiras extrativa e de transformação, 1970-2001. *Revista de Economia Política*, 27(2).

Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), pp. 1002-1037.

Romer, P. M. (1989). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), pp. 71-102.

Roper, S., J. Du, J.H. Love (2008), 'Modelling the Innovation Value Chain', *Research Policy*, 37, pp. 961-977

Rossi Jr, J.L., & Ferreira, P.C. (1999). Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial. *Texto para discussão no 651*. IPEA.

Sabbagh, K., Friedrich, R., El-Darwiche, B., Singh, M., Ganediwalla, P., & Katz, R. (2012). Maximizing the impact of digitization. *The Global Information Technology Report 2012: Living in a Hyperconnected World*, pp. 68-73.

Samuelson, P. A. (1975). The optimum growth rate for population. *International Economic Review*, pp. 531-538.

Santoleri, P. (2013). Diversity and intensity of ICT use effects on product innovation: evidence from Chilean micro-data. In *UNU-MERIT conference on Micro Evidence on Innovation and Development*.

Sargent, T. C., & Rodriguez, E. R. (2001). Labour or total factor productivity: Do we need to choose? *Department of Finance, Economic and Fiscal Policy Branch*.

Schumpeter, J. A. (1934/1997). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*, São Paulo: Nova cultural.

Schumpeter, J. A. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, 2nd Vol., New York: McGraw-Hill.

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*.

Servén, L., & Solimano, A. (1992). Private Investment and Macroeconomic Adjustment: A Survey. *The World Bank Research Observer*, (1), p. 95.

Servén, L., & Solimano, A., (1993). Private investment and macroeconomic adjustment: a survey. Striving for growth after adjustment. *The World Bank*.

Servén, L. (2003). Real-exchange-rate uncertainty and private investment in LDCs. *Review of Economics and Statistics*, 85(1), pp. 212-218.

Sobreira, N., Nunes, L. C., & Rodrigues, P. M. (2012). Neoclassical, semi-endogenous or endogenous growth theory? Evidence based on new structural change tests. Nº wpe_291. *Inspere Working Paper*, Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, pp. 65-94.

Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, pp. 312-320.

Squeff, G. C. (2012). Produtividade no Brasil nos anos de 2000-2009: análise das contas nacionais. Brasília: Ipea.

Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), pp. 334-361.

Sundararajan, V., & Takur, S. (1980). Public Investment, crowding out, and Growth: A Dynamic Model Applied to India and Korea. *Staff Papers-International Monetary Fund*, pp. 814-855.

Sundbo, J. & Gallouj, F. (1998). Innovation in services. Step Group. *SI4S Synthesis paper*, S2.

Tadeu, H. F., & Silva, J. T. (2013). The determinants of long-term private investments in Brazil: An empirical analysis using cross-section and a monte-carlo simulation. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 18(Special issue), pp. 11-17.

Tadeu, H.F., Silva, J. T., & Vettori, E. (2015). Determinants of Productivity in Brazil: an empirical analysis of the period 1996-2011. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 9(11), pp. 289-297.

Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. (2008). *Gestão da inovação*. Bookman.

Tsai, K. H., & Wang, J. C. (2004). R&D Productivity and the Spillover Effects of High-tech Industry on the Traditional Manufacturing Sector: The Case of Taiwan. *The World Economy*, 27(10), pp. 1555-1570.

UKON, M. *et al.* (2013). Brazil: confronting the productivity challenge. Boston: The Boston Consulting Group

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso planejamento e métodos*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, p. 248.

Anexo A – Tabela do índice de digitalização

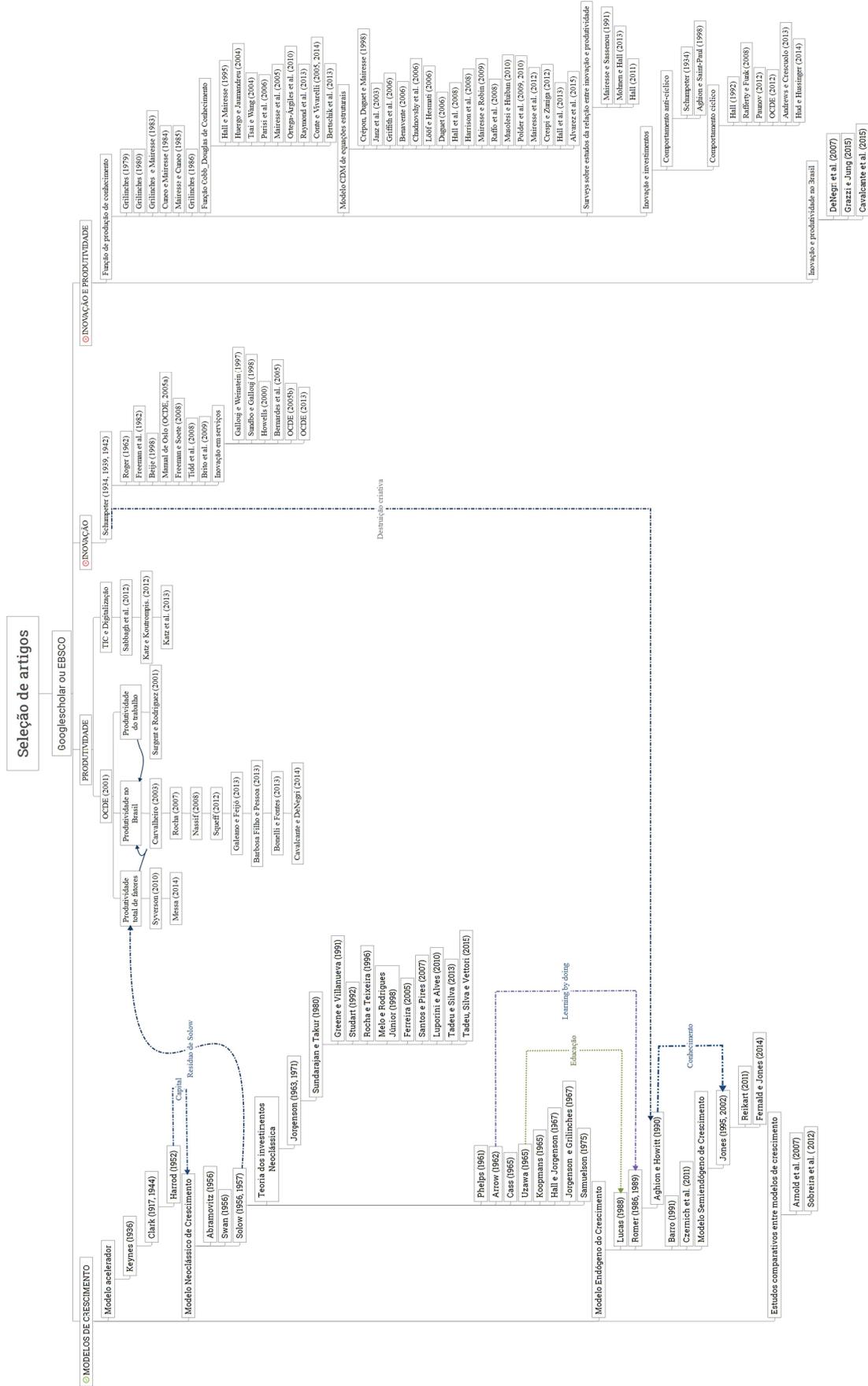
Tabela 3 - Indicadores e sub-indicadores do índice de Digitalização

Indicadores	Componentes	Sub-componentes
Acessibilidade	Custo residencial da linha fixa ajustado pelo PIB per capita	Tarifa de linha fixa residencial (ligação de três minutos para outra linha fixa em horário de pico) ajustada pelo PIB per capita
		Custo mensal fixo da linha fixa ajustado pelo PIB per capita
	Custo telefonia celular ajustado ao PIB per capita	Tarifa de celular pré-pago (um minuto de ligação no horário de pico) ajustado pelo PIB per capita
		Custo fixo de celular pré-pago para conexão à internet ajustado pelo PIB per capita
	Custo fixo mensal para acesso à banda larga ajustado pelo PIB per capita	Preço mensal para acesso a banda larga residencial
	Confiabilidade da Infraestrutura	Investimento em telecomunicações por número de usuários (incluindo telefonia móvel, fixa e banda larga)
Investimento em telecomunicações por número de usuários da telefonia fixa		
Investimento em telecomunicações por número de usuários da internet de banda larga		
Acesso a rede	Penetração da rede de telefonia	Penetração da banda larga fixa por número de domicílios
		Penetração da telefonia celular
	Outra métricas de penetração e de cobertura da infraestrutura	Penetração das rede 3G e 4G
		Penetração da banda larga por rede móvel
		Penetração no uso de computadores pela população
		Cobertura da rede de telefonia celular
Penetração de banda larga fixa por número de domicílios		

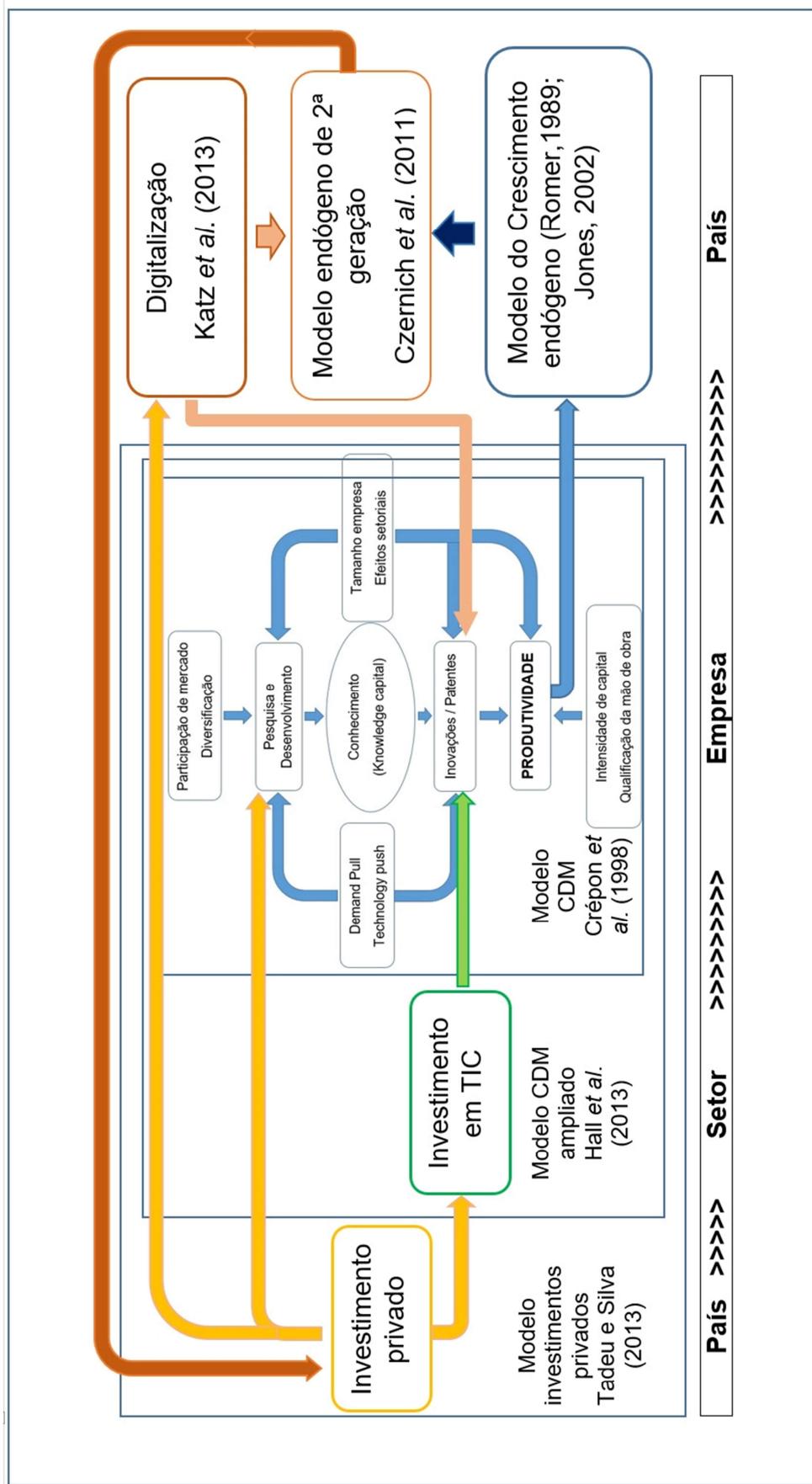
Capacidade	Largura da banda de acesso à internet internacional	Largura da banda de acesso à internet internacional em kbps por usuário
	Velocidade da banda larga	Velocidade da banda larga em MBPS em horário de pico e na média
Utilização	Varejo na internet	Varejo na internet como percentual do total do varejo
	Governo eletrônico	Índice da medida do governo eletrônico na web
	Indivíduos usando a internet	Percentual da população que utiliza a internet
	Serviços de não voz em percentual de uso da rede sem fio	Gastos com serviços de não voz (dados, mensagens) em percentual dos gastos totais com rede sem fio
	Visitantes de redes sociais	Visitantes únicos de redes sociais por mês per capita
	Utilização de SMS	Uso de SMS por usuário do sistema de telefonia
Capital humano	Engenheiro	Engenheiros em percentual do total da população
	Mão de obra qualificada	Força de trabalho com educação superior ao segundo grau em percentual do total da força de trabalho

Fonte : adaptado de Katz *et al.* (2013)

Anexo B – Mapa mental dos artigos pesquisados



Anexo C – Modelo de crescimento baseado nos investimentos em inovação (MCBI)



Anexo D – Variáveis explicativas da decisão de investir

Propomos as seguintes variáveis independentes para explicar os determinantes dos investimentos privados em TIC, em P&D e em capital fixo: o PIB, a utilização da capacidade industrial, os investimentos públicos em infraestrutura, os investimentos públicos em áreas que não sejam de infraestrutura, a taxa de desemprego, taxas de juro reais, os preços relativos de bens de capital, a inflação, um *proxy* disponibilidade de crédito representado pelos empréstimos do BNDES, carga tributária, restrições externas, taxa de câmbio, o tamanho da empresa medido em número de funcionários, a idade da empresa, o percentual de gestores com relação a força de trabalho, um *proxy* para o recebimento de subsídios à inovação, um *proxy* para acordos de cooperação com universidades, um *proxy* para acordos de cooperação com empresas. Levando estas variáveis em consideração, é obtido o modelo econométrico teórico representado na equação 29.

$$\begin{aligned} \text{Investimento_privado} = f(\text{Y, UCAP, Digi, Invest_Pub_Infra,} \\ \text{Invest_Pub_Non_Infra, PO, r, P_rel_bens_k, IGP-DI,} \\ \text{Emprest_BNDES, tax, EE, E, Size, Age, PorcGer, Subsid, CoU, CoMKT}) \end{aligned} \quad (29)$$

No qual:

Investimento_privado= *strictu sensu* investimento bruto do setor privado (excluindo organizações governamentais);

Y = Produto interno bruto;

UCAP = utilização da capacidade industrial;

Digi = índice de digitalização da economia;

Invest_Pub_Infra= investimento público em infraestrutura;

Invest_Pub_Non_Infra = investimento público em não infraestrutura;

PO = população ocupada, como *proxy* da disponibilidade de mão de obra;

r = taxa real de juros;

P_rel_bens_k = preço relativo dos bens de capital;

IGP-DI = inflação;

Emprest_BNDES = Empréstimos fornecidos pelo BNDES, como *proxy* da disponibilidade de crédito;

Tax = impostos como porcentagem do PIB;

EE = Restrições externas, usado como *proxy* da série débito de Serviços/PIB (%);

E = taxa de câmbio;

Size = tamanho da empresa em número de funcionários;

Age = idade da empresa;

PorcGer= percentual dos gerentes no número total de funcionários;

Subsid= *dummy* para recebimento de subsídios à inovação;

CoU= *dummy* para acordos de cooperação com universidades;

CoMKT=*dummy* para acordos de cooperação com fornecedores;

Dummy = variável de controle para indicar crises internacionais.

Com base nesta expressão, estima-se a equação 33 para a avaliação das variáveis dependentes investimento privado em TIC, $j=1$, investimento privado em P&D, $j=2$, e para investimento privado em capital fixo menos TIC, $j=3$; estando as variáveis expressas em logaritmo natural (com exceção da taxa de juros real), a fim de obter diretamente a elasticidade das variáveis.

$$\begin{aligned}
LInvest_priv_t^j = & \beta + \beta_0LY_t + \beta_1LUCAP + \beta_2LDigi + \\
& \beta_3LInvest_Pub_Infra + \beta_4LInvest_Pub_Non_Infra + \beta_5LPO + \\
& \beta_6r + \beta_8LP_rel_bens_K + \beta_9LIGP-DI + \beta_{10}LBNDES_Dis + \\
& \beta_{11}LTax + \beta_{12}LEE + \beta_{13}LE + \beta_{14}LSize + \beta_{15}LAge + \\
& \beta_{16}LPorcGer + \beta_{12}LSubsid + \beta_{13}LCoU + \beta_{12}LMKT + \beta_{13}Dummy + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{30}$$

para $j = 1, 2$ e 3 .

Onde ε_t é o erro randômico.