

Regimes de Financiamento, Mudança Tecnológica e Ciclos Econômicos



Hermes Yukio Higachi

Departamento de Economia
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
hhigachi@uepg.br

Gilberto Tadeu Lima

Departamento de Economia
Universidade de São Paulo, Brasil
giltadeu@usp.br

João Basilio Pereima

Departamento de Economia
Universidade Federal do Paraná - UFPR, Brasil
joaobasilio@ufpr.br

17 de julho de 2013

Regimes de Financiamento, Mudança Tecnológica e Ciclos Econômicos

Resumo: Este artigo analisa as relações entre ciclo econômico e financiamento da firma num ambiente inovativo, onde a performance do mercado financeiro não é predeterminada mas depende endogenamente da estratégia de financiamento e fixação de preços das firmas, da taxa de inovação e do comportamento das firmas bancárias na fixação de seus *spreads*. Este processo é analisado com a utilização de um modelo baseado em agentes, com 100 firmas interagindo entre si e com um sistema bancário, onde os regimes de financiamento do tipo hedge, especulativo e Ponzi são propriedades emergentes da economia. Para explorar estas propriedades foi realizado várias simulações que diferem entre si por variações rândomicas na probabilidade de ocorrência de inovações. As relações macroeconômicas resultantes são analisadas por meio de testes de cointegração e de causalidade de Granger os quais mostram que no cenário de alto desenvolvimento tecnológico (ADT) a mudança tecnológica aumenta o grau de fragilidade financeira da economia, enquanto que no cenário de baixo desenvolvimento tecnológico (BDT) a causalidade é bidirecional. Outro resultado econométrico mostra que no cenário ADT a causalidade é bidirecional entre o crescimento do produto e o grau de fragilidade financeira, enquanto que no cenário de BDT verifica-se a ausência de causalidade. Por último, verifica-se que no cenário BDT quanto maior o grau de fragilidade financeira, sobretudo com a forte presença de firmas Ponzi com expectativas de vendas negativas, maior a frequência e a amplitude de ciclos econômicos, enquanto que no cenário ADT a causalidade é bidirecional.

Palavras chaves: Fragilidade financeira, Mudança tecnológica, Ciclos econômicos, Modelos baseados em agentes, Complexidade

Financing regime, technological change and business cycles

Abstract: This paper investigates the relationship between business cycle and firm's financing in an innovative environment, in which the performance of the banking system is not predetermined but it depends endogenously on firms' financing strategy and pricing behavior, the rate of innovation and the behavior of the banking system in setting its spreads. The process was investigated using an agent-based model featuring 100 firms interacting with each other and the banking system, with the hedge, speculative and Ponzi financing regimes being emergent properties of the economy. These properties were explored through several simulations which differ from each other by random changes in the probability of innovation. The resulting artificial time series of the most relevant variables were investigated using cointegration and Granger causality tests. In the scenario of high technological dynamism (as measured by the probability of innovation), labor-saving technological change increased the financial fragility of the economy, and the Granger causality between output growth and financial fragility was bidirectional. In the scenario of low technological dynamism, meanwhile, the Granger causality between the same variables was bidirectional, and there was no causality between output growth and financial fragility. Finally, while in the scenario of low technological development the higher the degree of financial fragility, the higher the frequency and amplitude of the business cycles, in the scenario of high technological development the same Granger causality is bidirectional.

Keywords:: Financial fragility, technological change, business cycles, agent-based models, complexity

Classificação JEL: O11, O16, O42

17 de julho de 2013

1 Introdução

Este artigo analisa as relações entre ciclo econômico e financiamento da firma num ambiente inovativo, onde a performance do mercado financeiro não é predeterminada mas depende, endogenamente, da própria estratégia de financiamento e fixação de preços das firmas, da taxa de inovação e do comportamento das firmas bancárias na fixação de seus *spreads*.

As firmas produtivas, movidas pela concorrência schumpeteriana, via inovação, buscam financiar suas atividades no sistema bancário. Dependendo da taxa de sucesso em inovar, as firmas que apresentarem baixa performance na forma de lucros de monopólio por inovar, poderão evoluir de um esquema de financiamento sustentado ou *hedge*, para posições *especulativas* e até mesmo *Ponzi*, no sentido dado por [Minsky \(1982\)](#). Dado que as firmas precisam financiar seu ciclo operacional, seus investimentos e suas atividades de pesquisas, não há garantia *a priori* de que a estratégia de fixação de preços e o esforço em inovar garantam lucros capazes de sustentar o fluxo de caixa total da empresa ao longo do tempo. A instabilidade ou fragilidade financeira emerge então como uma propriedade complexa da interação das firmas produtivas entre si e com as firmas bancárias. A análise envolve comportamento evolucionário por parte das firmas, no sentido de que uma firma fixa preço e escolhe a melhor estratégia de inovação em cada momento do tempo observando o comportamento das demais firmas. Na outra ponta os bancos fixam o *spread* com base na sua percepção de risco de crédito. A interação entre firmas heterogêneas poderá evoluir de um regime de financiamento sustentado ou *hedge*, para regimes mais instáveis com efeitos adversos sobre o ciclo da economia.

A interação entre crescimento econômico, progresso tecnológico, financiamento da firma e da pesquisa tem sido intensamente estudada na ciência econômica, tanto do ponto de vista teórico quanto empírico. Uma vasta literatura tem sugerido que há uma forte relação entre finanças e crescimento ([Levine, 2005](#)), embora seja controverso estabelecer uma relação de causalidade específica, pois as interações são bi-causais. A interação entre finanças e crescimento, embora negada ou minimizada por alguns ([Lucas, 1988](#))¹, relegada a um papel secundário e subordinada à atividade industrial por outros ([Robinson, 1952](#)), é reconhecida por muitos e em geral está associada aos trabalhos de [Goldsmith \(1969\)](#), [McKinnon \(1973\)](#) e [Shaw \(1973\)](#), os quais afirmam existir um forte conexão entre a superestrutura financeira de um país e sua real infraestrutura. Esta conexão, segundo [Goldsmith \(1969, p. 400\)](#) "acelera o crescimento econômico e melhora a performance econômica em uma extensão que facilita a migração de fundos para o melhor uso, isto é, para os lugares da economia onde os fundos irão produzir as taxas de retorno sociais mais altas". Dados entre 1860-1963 mostrados por Goldsmith evidenciam uma tendência secular de aumento na proporção de ativos das instituições financeiras em relação ao produto nacional bruto para ambos os países desenvolvidos e menos desenvolvidos. Mas, como o autor observa, é difícil "confiar na direção do mecanismo causal, ou seja, de decidir se fatores financeiros foram responsáveis pela aceleração do desenvolvimento econômico ou se o desenvolvimento financeiro reflete o crescimento econômico cujo impulso deve ser buscado em outro lugar" (p. 48).

Outras evidências positivas, utilizando-se de recursos econométricos, são fornecidas por [Jung \(1986\)](#). Analisando um grupo de 56 países Jung mostra que a causalidade (no sentido Granger) ocorre em ambos os sentidos. Finalmente, estudos de casos históricos, como os realizadas por [Cameron \(1967\)](#), salientaram a importância de fatores financeiros no desenvolvimento econômico de vários países europeus.

Em geral, a literatura macroeconômica afirma que a existência de instrumentos financeiros, mercados, instituições melhoram a gestão de riscos e contribuem para reduzir efeitos de assimetria de informações e custos de transações, mudando os incentivos e restrições com que se deparam os agentes econômicos ([Merton, 1995](#); [Merton and Bodie, 1995](#)). E não apenas isso, intermediários financeiros podem produzir um melhor conjunto de informações, compartilhar riscos, melhorar a alocação de recursos e impulsionar com isso o crescimento ([Greenwood and Jovanovic, 1990](#)).

Além das relações gerais entre finanças e crescimento, uma literatura específica e complementar tem analisado a interação entre finanças e atividade inovativa, mais diretamente. De acordo com [Arrow \(1962a\)](#) e [De la Fuente and Marin \(1996\)](#), em um ambiente sujeito a incerteza, como é a atividade inovadora, as firmas engajadas nesta atividade se beneficiarão se puderem recorrer a um mercado financeiro capaz de prover fundos para projetos de pesquisa e desenvolvimento. Conforme o sistema

¹Em conhecido artigo Lucas afirmou que "*In general, I believe that the importance of financial matters is very badly over-stressed in popular and even much professional discussion and so am not inclined to be apologetic for going to the other extreme*" ([Lucas, 1988, p. 6](#)).

financeiro se torna mais e mais eficiente em alocar recursos à pesquisa, selecionando os projetos mais atraentes e monitorando e compartilhando riscos, os efeitos positivos sobre o crescimento econômico se fazem sentir. O sistema financeiro melhora a alocação de crédito entre os produtores de tecnologia, com consequências positivas sobre o crescimento econômico. De acordo com esta literatura, a principal contribuição da intermediação financeira é a possibilidade do mercado lidar com o problema de seleção adversa em mercados de crédito ².

Um explicação adicional sobre a conexão entre financiamento e inovação é apresentada por (King and Levine, 1993). Os autores discutem financiamento e inovação em um modelo de crescimento endógeno em que os sistemas financeiros avaliam os potenciais empresários e mobilizam a poupança para financiar as atividades mais promissoras em termos de melhoria de produtividade. A atividade bancária diversifica os riscos associados às atividades inovadoras e seleciona os projetos de inovação com os mais altos lucros esperados ao invés de selecionar os projetos com menor valor, que utilizam os métodos de produção existentes e portanto são mais seguros. Na mesma direção, e de forma até mais forte, Galetovic (1996) argumenta que em uma economia onde o crescimento depende da especialização por inovação, o crescimento econômico *sustentado* pode não começar se não surgir simultaneamente um mercado de intermediação financeira. A intermediação financeira, para o autor, é uma condição necessária para o crescimento sustentado. Para Morales (2003), na mesma linha de raciocínio, a intermediação financeira pode reduzir a incidência de risco moral por parte das firmas engajadas em pesquisa. A atividade financeira promove o crescimento porque ela aumenta a produtividade da pesquisa. E assim, ainda segundo Morales, subsídios ao setor financeiro pode ter efeitos maiores do que subsídios dirigidos diretamente às firmas, uma vez que as firmas incorrem em risco moral no uso dos incentivos ao passo que o sistema financeiro não. No entanto, diante do risco moral, não completamente eliminado pela atividade financeira, subsídios crescentes podem até mesmo reduzir a taxa de crescimento.

O sistema financeiro, tal como tem sido tratado na literatura de crescimento, exerce um efeito inequivocamente positivo sobre o crescimento econômico. Para que isso aconteça, geralmente se assume que as atividades financeiras sempre são capazes de gerenciar corretamente o risco de crédito e canalizar os investimentos para as melhores oportunidades de retorno. No entanto, a história econômica é repleta de episódios de crises financeiras com impactos negativos sobre o crescimento econômico. Como observam Brown et al. (2009), se firmas inovadoras demandarem fundos para financiamento de projetos de inovação e se houver alguma forma de restrição na oferta destes fundos, então uma mudança na disponibilidade de recursos financeiros poderá ter consequências macroeconômicas significativas. Expansão na oferta de fundos conduz a expansão de P&D e contrações causam queda em P&D³. A emergência de instabilidade ou fragilidade financeira em economias onde empresas podem se financiar para realizar gastos em pesquisa e desenvolvimento foi tratada formalmente por Lima and Freitas (2007) através de um modelo computacional baseado em agentes no qual oferta endógena de crédito por um sistema bancário adaptativo e firmas heterogêneas com diferentes necessidades de financiamento são modeladas como um processo co-evolucionário. Neste esquema complexo⁴, a fragilidade financeira da economia no sentido dado por Minsky (1982), com firmas podendo incorrer em posturas hedges, especulativas e Ponzi, é uma propriedade emergente gerada pelo comportamento interativo de firmas e adaptativo do setor bancário.

Em linha com esta abordagem evolucionária, este artigo adiciona algumas contribuições teóricas para literatura evolucionária formalizando, com o uso de um modelo baseado em agentes, as relações entre regime de financiamento (no sentido de Minsky), mudança tecnológica e ciclos econômicos. Mais especificamente, o modelo assume as propriedades emergentes já demonstradas por Lima and Freitas

²Outros trabalhos nesta linha de investigação são Bencivenga and Smith (1991), Levine (1991), Boyd and Smith (1992) e Saint-Paul (1992).

³Comentando dados da economia americana, os autores descrevem que "the U.S. has recently experienced a finance-driven cycle in R&D. From 1994 to 2004, there was a dramatic boom, and subsequent decline, in R&D: the ratio of privately financed industrial R&D to GDP rose from 1.40% in 1994 to an all-time high of 1.89% in 2000 before declining to an average of 1.70% from 2002 to 2004, according to a survey from the National Science Foundation. (...) From 1994 to 2004, there was also a dramatic boom and bust in both cash flow and external equity finance in these industries. Internal finance (cash flow) for publicly traded firms increased from \$89 billion in 1993 to \$231 billion in 2000, and then collapsed in 2001 and 2002. External public equity finance rose from \$24 billion in 1998 to \$86 billion in 2000, but then plummeted 62% in 2001. (p. 153).

⁴No sentido dado por Waldrop (1992).

(2007), e avança teoricamente relacionando-a com a dinâmica tecnológica e de variação do produto de uma economia. A principal contribuição do modelo consiste em descrever as relações entre finanças, inovação e ciclo econômico, onde o comportamento pró-cíclico do sistema bancário pode gerar expansão e crise, devido à dificuldade de avaliar corretamente o risco de crédito.

2 Estrutura do Modelo

O modelo apresentado a seguir formaliza uma economia habitada por firmas heterogêneas e por um sistema bancário adaptativo. Mais especificamente isto significa que as firmas podem se diferenciar quanto ao preço praticado, ao volume de recursos destinado à P&D, à formação de expectativas de vendas e à necessidade de financiamento. O caráter adaptativo do sistema bancário é tal que o volume de crédito pode sofrer restrições via preço (*spread*) na medida que os bancos perceberem que grau de endividamento das firmas aumentou. O financiamento das firmas tem efeitos simultâneos contrários na dinâmica econômica e na conformação de ciclos. Por um lado, o aumento do financiamento pode aumentar a taxa de sucesso da inovação e, portanto, os lucros da firma. Porém, o aumento do endividamento pode mudar o regime de financiamento da empresa de *hedge* para especulativo ou Ponzi, forçando uma reação do sistema bancário que restringe crédito aumentando o *spread*. O regime de financiamento pode então ter efeitos macroeconômicos adversos a depender da estratégia de financiamento das firmas e da propensão ou capacidade tecnológica da economia ou das firmas. O modelo oferece, portanto, uma base teórica para análise das relação complexas entre regimes tecnológicos e regimes de financiamento e os respectivos efeitos macroeconômicos que emergem deste comportamento dos agentes. Como todo modelo, algumas restrições e simplificações são impostas e comentadas ao longo desta seção. Uma destas restrições é o fato de o modelo não se constituir num modelo de crescimento, pois assume-se uma taxa de crescimento exógena da demanda, de forma que o modelo é adequado ao estudo de ciclos econômicos, não de crescimento.

2.1 Produção, Demanda e Estoque

Do lado da produção da economia supõe-se uma economia puramente baseada em trabalho, onde as oscilações do produto podem ser determinadas pela variação da quantidade de trabalho empregada a cada período de tempo. Desta forma pode-se assumir uma função de produção do tipo **Leontief and Strout (1963)**, $Y = \min\{K/b; L/a\}$. Como o modelo é dirigido à análise dos ciclos, não há investimento em acumulação de capital e a função de produção pode então ser restringida à uma forma simples onde o único insumo é o trabalho. A produção da firma depende então da quantidade de trabalho mobilizada e do coeficiente técnico de produção ($a_{i,t}$), o qual varia no tempo e entre as firmas dependendo da P&D desenvolvida em cada firma. Portanto, uma firma i , produzirá $X_{i,t}$ unidades de produto no tempo t , contratando uma quantidade $L_{i,t}$ de trabalho com uma produtividade $A_{i,t} = 1/a_{i,t}$, a qual aumentará com as inovações introduzidas pela firma, conforme descrito mais adiante na sub-seção 2.3:

$$\begin{aligned} X_{i,t} &= \frac{L_{i,t}}{a_{i,t}} \\ X_{i,t} &= \frac{L_{i,t}}{a_{i,t}} \end{aligned} \quad (1)$$

A fim de executar seu plano de produção, uma firma contrata trabalho em um dado período de tempo t conforme a demanda esperada ($X_{i,t}^{Exp}$) para o período deduzida do saldo de estoque não planejado ($X_{i,t-1}^S$) existente no final do período anterior:

$$L_{i,t} = a_{i,t}(X_{i,t}^{Exp} - X_{i,t-1}^S) \quad (2)$$

Tendo em vista que o objetivo principal do modelo é analisar as interações entre as estratégias de financiamento e inovação das firmas e os efeitos macroeconômicos nos ciclos econômicos, o lado da demanda da economia é tratado como exógeno, porém variável. A demanda é determinada primeiramente em termos agregado ($X_{i,t}^{Ag}$) e em seguida é distribuída entre as firmas de acordo com seus respectivos *market share* ($ms_{i,t}$), os quais variam em função dos preços praticados a cada momento do

tempo. Como as firmas calculam a produção com base numa expectativa de vendas ($X_{i,t}^{Exp}$) tal como definido na equação (6), a produção e demanda efetiva ao nível da firma poderá divergir num determinado período causando formação de estoques ou excesso de demanda, o que ocorrerá com frequência. Esta diferença afetará o lucro da empresa no período e pode até mesmo causar prejuízo, forçando a empresa a financiar seu fluxo de caixa no sistema bancário caso não tenha lucros acumulados suficiente. A demanda agregada varia de acordo com a equação (3), onde g é uma taxa de crescimento exógena constante e η é um choque aleatório normalmente distribuído em torno de um valor médio igual e zero com variância constante.

$$X_t^{Ag} = (1 + g + \eta)X_{t-1}^{Ag} \quad \text{onde } \eta \text{ i.i.d. } N(0, \sigma_1^2) \quad (3)$$

Esta demanda agregada é distribuída entre as firmas e define sua demanda efetiva ($X_{i,t}^E$). A distribuição da demanda (*market share*) depende da competitividade individual da firma ($E_{i,t-1}$) ser maior ou menor do que a competitividade média (\bar{E}_{t-1}), a qual por sua vez é definida na equação (10), mais adiante. A competitividade individual é igual ao inverso do preço ($E_{i,t} = 1/P_{i,t}$), ao passo que a competitividade média é igual a média ponderada da competitividade individual, cujo fator de ponderação é o *market share* individual (Dosi et al., 1994). Assim, temos:

$$X_{i,t}^E = ms_{i,t} X_t^{Ag} \quad (4)$$

Como as firmas, baseadas em suas expectativas, produzem uma quantidade $X_{i,t}$, e como sua demanda efetiva é dada por $X_{i,t}^E$, no caso em que a produção é maior que a demanda individual a diferença não comercializada será acumulada na forma de estoque. Nos casos em que a demanda efetiva é maior que a produção mais os saldos remanescentes de produto, as empresas não acumulam pedidos e o saldo em estoque será zero.

$$X_{i,t}^S = \begin{cases} X_{i,t} + X_{i,t-1}^S - X_{i,t}^E & \text{se } X_{i,t}^E < X_{i,t} + X_{i,t-1}^S, \\ 0 & \text{se outro modo} \end{cases} \quad (5)$$

No modelo supõe-se que as firmas hedge, financeiramente robustas, são otimistas e projetam suas vendas considerando-se a maior taxa de crescimento das suas vendas já realizadas nos últimos três períodos, enquanto que as firmas excessivamente endividadas, mais adiante chamadas de firmas ponzi, são pessimistas e projetam suas vendas usando a menor taxa de crescimento já realizadas nos últimos três períodos. Por último, supõe-se que as firmas medianamente endividadas, mais adiante chamadas de firmas especulativas, projetam suas vendas com base nas vendas realizadas no período anterior.

$$\begin{aligned} X_{i,t}^{Exp,H} &= X_{i,t-1}^E (1 + \max(\hat{X}_{i,t-1}^E, \hat{X}_{i,t-2}^E, \hat{X}_{i,t-3}^E)) \\ X_{i,t}^{Exp,E} &= X_{i,t-1}^E \\ X_{i,t}^{Exp,P} &= X_{i,t-1}^E (1 + \min(\hat{X}_{i,t-1}^E, \hat{X}_{i,t-2}^E, \hat{X}_{i,t-3}^E)) \end{aligned} \quad (6)$$

onde \hat{X} significa taxa de variação em termos percentuais, isto é, \dot{X}/X . Este mecanismo de correção das expectativas faz com que eventuais diferenças entre a produção da firma e a demanda efetiva se corrijam no tempo. Nos casos em que a demanda efetiva for maior que a produção, as firmas não atendem a produção imediatamente mas corrigem a produção nos períodos seguintes, uma vez a demanda esperada conforme equação (6) interage com a produção da firma em (2) e depois (1). Se a demanda efetiva aumentar em t , a produção irá aumentar em $t+1$, e nos casos em que $X_{i,t}^E > X_{i,t}$ esta diferença é eliminada nos períodos seguintes. Este mecanismo permite que o ajustamento no mercado de bens, ou o equilíbrio entre oferta e demanda, não seja instantâneo, o que pressuporia um mecanismo informacional ou de coordenação perfeita entre consumidores e firmas. Nesta versão do modelo pode ocorrer situações em que algumas firmas tenham estoque maior que zero enquanto outras firmas tenham excesso de demanda. No entanto as firmas corrigem suas posições de um período para outro, embora não o façam todas no mesmo instante de tempo. Ao longo de poucos períodos, em função da defasagem de tempo da equação (6) a oferta e demanda ao nível da firma oscila em torno de uma trajetória de equilíbrio sem acumular grandes diferenças.

2.2 Preço, Mark-up, Receita e Lucro da Firma

A venda efetiva da firma dependerá de sua estratégia de fixação de preços e, portanto, da fixação de *mark-up*. A fim de aumentar as vendas as firmas competem no mercado consumidor repassando aos preços os ganhos de produtividade obtidos pelo seu esforço em inovar. O *mark-up* da empresa deve ser suficiente para cobrir os custos operacionais (basicamente salários), gastos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e despesas financeiras. Se, por um lado, as firmas podem recorrer a financiamento para aumentar sua pesquisa e produtividade, tornando-se assim mais competitivas uma vez que a produtividade é repassada aos preços, por outro elas incorrem em despesas financeiras que encarecem o produto, estabelecendo-se aqui uma conexão importante entre inovação e sistema bancário que está longe de ser uma relação linear. Na seção 3, quando da apresentação de simulações computacionais do modelo, voltaremos a este ponto com mais detalhes. No caso de uma firma individual não manter dívida acumulada e não demandar qualquer crédito no período corrente, assume-se que seguirá um procedimento de cobrar no período corrente o mesmo preço que cobrava no período prévio. A formação de preços da empresa é dada pela equação (7):

$$P_{i,t} = \begin{cases} (1 + z_{i,t}) \frac{DF_{i,t}^S}{X_{i,t}^{Exp}} & \text{se } DF_{i,t}^S > 0, \\ P_{i,t-1} & \text{se } DF_{i,t}^S \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

onde $z_{i,t} > 0$ é a taxa de *mark-up*, $DF_{i,t}^S$ é o estoque de dívida da firma no período o qual já inclui os juros do período e $X_{i,t}^{Exp}$ a sua expectativa de vendas. Deve-se atentar ao fato de que o cálculo do preço tal como especificado na primeira condição da equação (7) não significa que a única fonte de mudança de preço seja a razão entre a dívida total da empresa ($DF_{i,t}^S$) e a expectativa de vendas. De fato, quando a empresa consegue inovar, diminuindo ($a_{i,t}$), dado um salário nominal ($V_{i,t}$) ela reduz o valor dos custos salariais [conforme equação (12)], aumenta os lucros, diminui sua dívida ($DF_{i,t}^S$) e, com isso, pode diminuir o seu preço. Há, portanto, um canal, não muito óbvio a princípio, pelo qual o progresso tecnológico afeta o preço da firma. A produtividade tem efeitos positivos sobre o salário, sobre o lucro e sobre o regime de endividamento da firma. Isto terá consequências importantes na análise dos resultados simulados.

A taxa de *mark-up*, por sua vez, é fixada por comportamento adaptativo e iterativo pelas firmas. Um dos comportamentos que caracteriza este modelo como evolucionário é o fato das firmas ajustarem seus *mark-ups* de maneira adaptativa com base na observação do comportamento das demais firmas.

A suposição é de que as firmas especulativas e ponzi realizam uma pesquisa de preços junto a *quatro* empresas selecionadas aleatoriamente e computam o preço médio. No caso do preço ser maior do que o preço médio (\bar{P}_t), a firma reduzirá seu *mark-up* para o próximo período para $(1 - \rho)$ do que ela praticaria se não estivesse levando em conta o preço que os concorrentes conseguem praticar. No caso do seu preço ser menor, ela aumentará o *mark-up* previamente calculado em $(1 + \rho)$, onde $0 < \rho$. Esta interação entre firmas na fixação de preços, um mecanismo ausente nos modelos com firmas representativas, permite a firma ajustar seu *mark-up* às condições do mercado como um todo. Ela nem aumentará nem diminuirá demais o preço, de forma a se isolar em posição mercadológica extrema. Embora a firma procure se diferenciar em preço no mercado, ela está sempre monitorando os concorrentes para evitar quedas excessivas de preço no caso de uma inovação drástica que produza um grande aumento de produtividade. Formalmente, temos:

$$z_{i,t} = \begin{cases} (1 - \rho)z_{i,t-1} & \text{se } P_{i,t} - \bar{P}_t \geq 0, \\ (1 + \rho)z_{i,t-1} & \text{se } P_{i,t} - \bar{P}_t < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Uma vez que a empresa definiu sua taxa de *markup* e conseqüentemente seu preço, estas variáveis irão determinar a cada instante do tempo o *market share* da firma ($ms_{i,t}$), isto é, a parcela da demanda agregada ($X_{i,t}^{Ag}$) que lhe cabe. A conquista de *market share* depende da competitividade da firma no mercado, a qual esta relacionada ao preço. Se definirmos competitividade como sendo o inverso do preço da firma, como segue:

$$E_{i,t} = \frac{1}{P_{i,t}} \quad (9)$$

podemos então calcular o *market share* supondo que uma firma terá uma parcela maior do mercado caso seu preço esteja abaixo do preço médio do mercado, e terá um *market share* menor se o preço estiver acima da média, conforme a equação (10):

$$ms_{i,t} = \left[1 + \beta \left(\frac{E_{i,t-1}}{\bar{E}_{t-1}} - 1 \right) \right] ms_{i,t-1} \quad e \quad 0 < \beta < 1 \quad (10)$$

onde β é um parâmetro comum às firmas que mede a sensibilidade do *market share* em relação ao grau de competitividade (preço). Quanto maior β , mais uma firma ganha mercado se seu preço estiver abaixo da média, e vice-versa.

Tendo definido seu preço e seu *market share*, a firma estará em condições de calcular sua receita e custos operacionais e, ao fim, seu lucro. A receita total da firma é composta de receita operacional e receita financeira obtida pelos juros recebidos sobre lucros acumulados remunerados pela taxa básica de juro. Os custos totais são compostos de custo operacional (neste modelo exclusivamente salários), gastos em pesquisa como um percentual ($\varphi_{i,t}$) do lucro acumulado no início do período t e, por fim, despesas financeiras sobre dívida acumulada. Assim, o lucro total da firma no final do período de tempo t será:

$$\Pi_{i,t} = (R_{i,t}^O + R_{i,t}^F - W_{i,t} - i_t D F_{i,t-1}^S - P\&D) \quad (11)$$

Na equação do lucro (11), φ_i é o percentual do lucro que a empresa destina à P&D a cada período de tempo, o qual pode variar entre as firmas, mas é constante no tempo. $R_{i,t}^O$ é a receita operacional da firma, $R_{i,t}^F$ é a receita financeira da aplicação de lucros acumulados no início do período t , já descontado os gastos em P&D, $W_{i,t}$ é o valor total dos salários pagos ou os custos variáveis totais, i^* é uma taxa nominal de juro que os bancos cobram das operações empréstimos, e $D_{i,t-1}^S$ é o saldo ou o estoque de dívidas da firma no período anterior. Uma das restrições desta versão do modelo é o fato de φ_i ser constante no tempo, significando que uma firma mantém sempre a mesma estratégia e a usa na mesma intensidade qualquer que seja o cenário econômico do momento. O custo total de mão de obra de uma firma ($W_{i,t}$) é realmente o único custo de produção envolvido e depende do valor do salário nominal (V_t), do inverso da produtividade do trabalho ($a_{i,t} = 1/A_{i,t}$) e do volume de produção ($X_{i,t}$):

$$W_{i,t} = V_t a_{i,t} X_{i,t} \quad (12)$$

O salário nominal unitário ($V_{i,t}$), por sua vez, é corrigido pela taxa de inflação (\hat{P}_{t-1}) e pela taxa de variação da produtividade do trabalho (\hat{A}_{t-1}) em $t-1$, sendo que θ é uma variável aleatória com distribuição uniforme que varia de 0,99 a 1,01, podendo assumir outros intervalos em diferentes simulações.

$$V_t = [1 + \theta(\hat{P}_{t-1} + \hat{A}_{t-1})] V_{t-1} \quad (13)$$

2.3 Inovação e Produtividade

Uma vez que a mudança tecnológica é levada em conta, aperfeiçoamentos tecnológicos que elevam a produtividade do trabalho afetarão a lucratividade e a fragilidade financeira por afetar os custos unitários de trabalho e, assim, a competitividade. Com efeito, esta influência torna-se mais intensa e complexa quando a inovação tecnológica é endógena. O processo de inovação, neste modelo, pode ocorrer de três fontes distintas: por um processo cumulativo do tipo *learning by doing*, por imitação e por inovação.

O primeiro canal de mudança, *learning-by-doing*, ocorre quando a produtividade aumenta em função do próprio aumento da produção. Este processo de crescimento da produtividade tem sido chamado na literatura de "Lei de Kaldor-Verdoorn", devido aos trabalhos de Verdoorn (1949) e Kaldor (1961), e posteriormente generalizada algebricamente por Arrow (1962b). Esta idéia é representada na equação (14), onde a taxa de aprendizado tecnológico informal e não intencional depende linearmente da taxa de crescimento da produção:

$$\hat{A}_{i,t}^{LD} = \delta_1 \hat{X}_{i,t-1} \quad se \quad \hat{X}_{i,t-1} > 0 \quad (14)$$

e

$$A_{i,t}^{LD} = (1 + \hat{A}_{i,t}^{LD})A_{i,t-1} \quad (15)$$

onde δ_1 é coeficiente de Kaldor-Verdoorn ⁵, $\hat{A}_{i,t}^{LD}$ é a taxa de aprendizado tecnológico na produção e $\hat{X}_{i,t}$ é a taxa de crescimento da produção entre o período $t-2$ e $t-1$, ao passo que $A_{i,t}^{LD}$ é o progresso técnico em t e $A_{i,t-1}$ é a tecnologia de produção da firma em $t-1$. Por sua vez, o parâmetro δ_1 representa a sensibilidade da taxa de crescimento da produtividade do trabalho às variações relativas na produção, o qual é exógeno e comum às firmas. A restrição de que $\hat{X}_{i,t} > 0$ imposta na equação (14) implica que eventuais variações negativas na produção não se transformem em desaprendizado tecnológico.

A segunda fonte de mudança de produtividade do trabalho é a imitação, que é realizado por todas as firmas, incluindo as financeiramente frágeis porque é sem custos, mas é estocástico e altamente local. Supõe-se que a tecnologia a ser imitada possui componentes tácitos e que a capacidade de imitação da firma é limitada e, destarte, apenas uma proporção decrescente da diferença entre a produtividade da firma imitada é que poderá significar aumento de produtividade da imitante. Na equação (16), a tecnologia de produção obtida por imitação é o resultado da pesquisa aleatória em três firmas concorrentes:

$$A_{i,t}^{IM,max} = \max(A_{1,t-1}^{IM}, A_{2,t-1}^{IM}, A_{3,t-1}^{IM}) \quad (16)$$

Uma vez escolhida a firma a ser imitada, o passo seguinte é definir quanto de produtividade poderá ser copiada, e isto depende da distância tecnológica entre as firmas imitante e imitada conforme a equação a seguir:

$$A_{i,t}^{IM} = A_{i,t-1} + e^{\left[-\ln\left(\frac{A_{i,t}^{IM,max}}{A_{i,t-1}}\right)\right]} \delta_2 (A_{i,t}^{IM,max} - A_{i,t-1}) \quad (17)$$

A forma funcional da equação (17) captura o efeito da distância tecnológica. Uma firma que consegue imitar pode não fazê-lo de forma perfeita e terá maiores dificuldades em dar um “salto” tecnológico, mesmo que na forma de imitação, quanto mais distante a sua produtividade estiver em relação à firma imitada. O expoente do termo neperiano captura o efeito distância o qual segue um processo exponencial inverso. O parâmetro δ_2 regula o quanto da diferença de produtividade entre a firma copiada e a própria firma será absorvida.

A terceira fonte de mudança tecnológica poupadora de mão-de-obra é a inovação realizada somente por firmas financeiramente robustas⁶. No início de cada período de tempo, as firmas tomam a decisão de inovar usando uma fração da diferença entre os lucros acumulados no período anterior e o total de salários pagos.

Embora a inovação tecnológica dependa de gastos em P&D, trata-se de um processo estocástico em dois estágios. No primeiro estágio ocorre o evento sucesso ou falha na descoberta de uma inovação, enquanto que no segundo estágio ocorre o evento aumento de produtividade do trabalho que segue uma função exponencial inversa como em [Nelson and Winter \(1982\)](#) e [Valente and Andersen \(2002\)](#). Embora a inovação tecnológica dependa de gastos em P&D, trata-se de um processo estocástico em dois estágios. No primeiro estágio ocorre o evento sucesso ou falha na descoberta de uma inovação, enquanto que no segundo estágio ocorre o evento aumento de produtividade do trabalho que segue uma função exponencial inversa como em [Nelson and Winter \(1982\)](#) e [Valente and Andersen \(2002\)](#).

Na equação (18), a probabilidade de inovação segue um processo exponencial inverso e depende dos gastos em P&D, da receita total da firma e da produtividade do investimento inovativo. Por sua vez, na equação (19), para captar o crescimento não linear da produtividade do trabalho, supõe-se que o resultado do sucesso em inovar é extraído de uma distribuição exponencial inversa com média $\ln(A_{i,t})$ e variância σ_2^2 . Este resultado só é implementado se o valor da probabilidade em inovar ($P_{i,t}^{IN}$) calculada em (18) for maior ou igual um número aleatório entre 0 e 1:

$$P_{i,t}^{IN} = 1 - e^{\left[-\gamma_1 (\varphi_i \Pi_{i,t}^S) - \gamma_2 A_{i,t-1}^{IN}\right]} \quad (18)$$

⁵ A chamada ‘Lei’ de Kaldor-Verdoorn é em geral, uma correlação entre produtividade e demanda agregada constatada no plano macroeconômico. Embora a equação (14) aplica esta correlação no plano microeconômico, a relação agregada é preservada.

⁶São as firmas hedge com lucros acumulados que cobrem os custos salariais e os gastos em P&D.

onde γ_1 e γ_2 são parâmetros que possibilitam ajustar a sensibilidade da probabilidade de inovar em relação aos lucros acumulados ($\Pi_{i,t}^S$) e a produtividade acumulada da inovação ($A_{i,t-1}^{IN}$), respectivamente, e φ_i é o percentual dos lucros destinados à atividade de pesquisa. A produtividade da inovação é dada, então, por:

$$A_{i,t}^{IN} = \begin{cases} e^{Norm(\ln A_{i,t-1}, \sigma_2^2)} & \text{se } P_{i,t}^{IN} \geq \text{RND}(0,1) \\ A_{i,t-1} & \text{se } P_{i,t}^{IN} < \text{RND}(0,1) \end{cases} \quad (19)$$

Embora com menor intensidade, no processo de inovação supõe-se também a presença de componentes locais e tácitos do aprendizado tecnológico. Outra suposição é que o processo de inovação é altamente incerto. A firma pode descobrir uma inovação de processo com maior ou menor produtividade do trabalho do que a do processo de produção em uso.

Por fim, a equação (20) mostra que o processo de produção escolhido será aquele que proporcionar a maior produtividade do trabalho, seja por *learning by doing*, inovação ou imitação:

$$A_{i,t} = \max(A_{i,t-1}^{LD}, A_{i,t-1}^{IM}, A_{i,t-1}^{IN}) \quad (20)$$

2.4 Financiamento da Firma e Setor Bancário

A fim de analisar a evolução e os efeitos de mudanças no regime de financiamento da firma sobre o ciclo econômico, as atividades da firma nesta economia vão além das atividades produtivas e pesquisa e também envolvem relações com o sistema bancário. As firmas com prejuízos no período fazem operações de empréstimos para financiar todo seu fluxo de caixa deficitário. As operações são contratadas por apenas um período e caso a firma não obtenha lucros suficientes para para cobrir o pagamento de juros e/ou amortização do principal, uma nova operação de crédito é contratada no período seguinte até que a firma consiga eliminar sua dívida.

O conjunto das equações (21) a (25) formaliza o financiamento das firmas e do setor bancário quanto a demanda e concessão de crédito e fixação da taxa de juro para captação e aplicação de recursos por parte dos bancos. O sistema bancário é simplificado ao máximo e pode ser entendido como constituindo um *pool* de firmas bancárias ou uma única firma bancária que recebe depósitos remunerados e concede créditos às firmas produtivas. A taxa de juro de captação dos bancos (i_t^*) remunera os lucros acumulados que as firmas depositam no sistema financeiro, e a taxa de juro de aplicação dos bancos (i_t) é a taxa cobrada das firmas por suas demandas de crédito, sendo o *spread* bancário a diferenças entre as duas taxas ($i_t - i_t^*$). Este procedimento significa assumir uma oferta de moeda endógena na linha de [Kaldor \(1982, 1985\)](#) e [Moore \(1988\)](#), também conhecida com abordagem “horizontalista”. Segundo esta abordagem, os bancos são passivos e acomodam a quantidade de moeda cuja elasticidade de oferta é infinita a uma dada taxa de juro. A restrição de crédito, portanto, se faz por meio do preço do crédito, e não pelo lado da quantidade.

Segue-se que $D_{i,t}$ representa a demanda por crédito pela firma para financiar aquela porção de seu fluxo de produção que não pode ser coberto pelos lucros acumulados ($\Pi_{i,t}^S$). Logo, a oferta de crédito em qualquer período é por sua vez endógena, determinado pela demanda de fundos à taxa de juro corrente:

$$D_{i,t} = \begin{cases} W_{i,t} - \Pi_{i,t}^S & \text{se } X_{i,t}^{Exp} > X_{i,t}^S \text{ e } \Pi_{i,t}^S < W_{i,t} \\ 0 & \text{se } X_{i,t}^{Exp} > X_{i,t}^S \text{ e } \Pi_{i,t}^S \geq W_{i,t} \text{ ou } X_{i,t}^{Exp} \leq X_{i,t}^S \end{cases} \quad (21)$$

A taxa de juro cobrada pelas operações de empréstimos é calculada aplicando uma taxa de *spread* (h_t) sobre a taxa básica de juro cobrada pelas operações de captação. A taxa de captção é suposta como sendo uma constante exogenamente determinada.

$$i_t = (1 + h_t)i_t^* \quad (22)$$

Os bancos formulam sua política de fixação da taxa de juro de empréstimo (i_t) com base em avaliação do grau de endividamento agregado da economia e uma vez fixada esta taxa, ela passa a ser utilizada para todas as firmas, independentemente de sua situação financeira. O mecanismo simplifica o entendimento da relação entre regimes de financiamento (hedge, especulativo ou ponzi) com inovação e ciclo econômico. O *spread* bancário (h_t) ajustado pelo risco poderá mudar a cada período de acordo

com um indicador de empréstimos não pagos (d_t), o qual é calculado como sendo a proporção entre dívidas não pagas num período em relação ao total de dívidas existentes:

$$d_t = \frac{(D_t^T - D_t^P)}{D_t^T} \quad (23)$$

onde D_t^T é o total de dívidas do sistema financeiro, apurado pela soma das dívidas das firmas, e D_t^P é o total de dívidas não pagas. Portanto o *mark-up* bancário ajustado pelo risco é dado por:

$$h_t = h^{min} + \alpha d_{t-1}, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (24)$$

onde h^{min} é o *mark-up* ou *spread* mínimo praticado pelos bancos e α é um parâmetro que mede a sensibilidade do *mark-up* ao grau de risco com que o sistema bancário está operando a cada momento. Assume-se que h^{min} é fixado exogenamente.

Com efeito, um aumento na taxa de *default* em algum período conduzirá a um aumento na taxa esperada de *default* para o próximo período e, então, a um aumento no *mark-up* bancário ajustado pelo risco para o próximo período. Evidência empírica para este comportamento do *spread* pode ser encontrada em [Saunders and Schumacher \(2000\)](#), [Angbazo \(1997\)](#) e [Brock and Rojas-Suarez \(2000\)](#).

De acordo com a caracterização de [Minsky \(1982\)](#), unidades de financiamento hedge são aquelas que possuem fluxo de caixa suficiente para pagar os juros da dívida e amortizar parcela do principal acordada, enquanto as unidades especulativas são aquelas que podem cumprir compromissos de pagamentos de juros mas não a amortização. Por fim, as unidades Ponzi são as firmas que não conseguem pagar todos os juros contratados e precisam refinaranciar a dívida e os juros não pagos. Esta classificação de regimes de financiamento pode ser formalizada através das expressões a seguir:

$$Hedge = R_{i,t}^F \geq (1 + i_t)(D_{i,t-1}^S + D_{i,t}) \quad (25a)$$

$$Especulativa = (D_{i,t-1}^S + D_{i,t}) \leq R_{i,t}^F < (1 + i_t)(D_{i,t-1}^S + D_{i,t}) \quad (25b)$$

$$Ponzi = R_{i,t}^F < (D_{i,t-1}^S + D_{i,t}) \quad (25c)$$

Enquanto identificar individualmente cada firma proporciona uma medida de sua fragilidade financeira, classificar todas as firmas em uma economia conforme estas categorias proporciona uma forma analítica útil de avaliar o nível de fragilidade financeira sistêmica em qualquer ponto no tempo. De fato, quanto maior a proporção de firmas especulativas e Ponzi, maior a fragilidade financeira da economia. Para [Minsky \(1982\)](#), estruturas financeiras capitalistas tem uma tendência inerente a mover-se de um estado de robustez para fragilidade ao longo do tempo.

O modelo baseado em agentes explicado acima, embora tenha uma estrutura geral relativamente simples, com várias firmas produtivas e um *pool* de firmas bancárias, como observado contém elementos suficiente para gerar dinâmicas macroeconômicas emergentes a partir de comportamento e interações complexas entre agentes. Na seção seguinte apresentamos a simulação de alguns cenários para diferentes regimes tecnológicos (alto e baixo) e regimes de financiamento, onde firmas são mais ou menos propensas a recorrer ao sistema bancário. Tais configurações produzem diferentes resultados macroeconômicos em termos de ciclo macroeconômico.

3 Resultados de Simulações

Para avaliar a dinâmica de uma economia inovativa sujeita a regimes de endividamento endógenamente determinados, foi realizada uma simulação com dois cenários. Dentre as muitas possibilidades de análise elegemos dois cenários que consideramos relevantes para os objetivos deste trabalho que é analisar as relações entre inovação e sistema bancário num ambiente de fragilidade endógena, e os efeitos emergentes sobre o ciclo econômico. O cenário 1 é caracterizado com sendo uma economia de baixo desenvolvimento tecnológico e o cenário 2 de alto. O que distingue basicamente uma economia da outra em termos de desenvolvimento tecnológico são os parâmetros γ_1 e γ_2 da equação (18), os quais aumentam a probabilidade de ocorrência de inovação em um ponto do tempo, quanto maior o valor que assumem. Parâmetros $\gamma_{1,2}$ mais altos correspondem à uma economia com estágio de desenvolvimento tecnológico mais avançado.

O setor bancário provê recursos financeiros para 100 firmas produtivas interagindo ao longo de 500 períodos. A demanda de financiamento decorre da capacidade de geração de caixa (lucros) por parte das firmas, os quais, por sua vez, dependem do sucesso das firmas em inovarem ou imitarem suas concorrentes. A taxa básica de juro i é fixada em 1%. As condições iniciais desta economia são tais que a demanda efetiva é de 200.000 unidades de produto, comercializados inicialmente à um preço de \$2,00 por todas as firmas. Com um *market-share* de 1% inicialmente, cada firma concorrerá no mercado com estratégias de *mark-up* diferentes os quais variam aleatoriamente de 1% até 30% entre as 100 firmas, conforme uma distribuição uniforme. A medida que as firmas diferenciam preços o *market share* variará por uma porção β da relação entre preço praticado e o preço médio da economia. Nesta simulação o valor do parâmetro β é fixado num valor que faz com que o grau de concentração de mercado aumente mas preserve um número relativo grande de firmas no mercado, de modo não terminar em um monopólio ou pequeno oligopólio. Todas as firmas possuem lucros acumulados de \$5.000,00 como condição inicial, o que evidencia que estamos partindo conservadoramente de uma fragilidade financeira igual a zero. Como mostraremos, mesmo isso não será suficiente para que a fragilidade no sistema financeiro emerja ao longo do tempo. Por fim o *mark-up* bancário é de 10%. As simulações computacionais foram realizadas através do software Laboratory for Simulation Development (LSD), versão 6.1Win. Para explorar as propriedades emergentes do modelo macroeconômico de produção e ciclo econômico, foram realizadas 20 simulações para o cenário de baixo desenvolvimento tecnológico e 20 simulações para ao cenário de alto desenvolvimento tecnológico. As simulações diferem entre si por valores gerados aleatoriamente para alguns parâmetros, dentro do modelo. Os gráficos a seguir representam valores médios das 20 simulações. As figuras de 1 a 7 no cenário 1 e 2 e os cálculos de correlações foram realizadas sobre as series temporais que são as médias dos resultados destas 20 simulações: o valor da variável em cada um dos 500 períodos de tempo é uma média aritmética simples de 20 simulações. Além disso, nas Figuras 1, 2, 5 e 6, de ambos os cenários tecnológicos, no sentido de captar a tendência das series temporais as mesmas estão em logs neperianos.

Tabela 1: Parâmetros - Baixo e Alto Desenvolvimento Tecnológico

Significado	Parâm	Equação	Baixo	Alto
Parâmetros Fixos				
Taxa de cresc. da demanda	g	3	0.02	0.02
Variância da demanda	σ_1^2	3	0.01	0.01
Mark-up firmas	ρ	8	0.1	0.1
Ganhos de Market-share	β	10	0.1	0.1
% Lucros P&D	φ	11	0.05	0.05
Coef Kaldor-Verdoorn	δ_1	14	0.02	0.02
Produtividade da imitação	δ_2	17	0.04	0.04
Spread dos bancos	h	24	0.15	0.15
Variância da inovação	σ_2^2	19	0.01	0.01
Alterados				
Prob. de ocorrência de inovação	γ_1	18	0.1	0.3
Prob. de ocorrência de inovação	γ_2	18	0.01	0.04

3.1 Níveis de desenvolvimento tecnológico mais baixo e alto

O primeiro cenário macroeconômico é caracterizado pela baixa taxa de mudança tecnológica. Uma economia neste ambiente não é capaz de gerar inovações com muita frequência devido ao seu atraso tecnológico, portanto, até mesmo firmas com estratégias de inovação agressivas, como altos percentuais de lucros gasto em P&D não conseguem inovar tanto quanto uma firma com a mesma estratégia operando numa economia mais desenvolvida. Este ambiente é capturado pelos parâmetros γ_1 e γ_2 , os quais aumentam ou diminuem a probabilidade de ocorrência de uma inovação. No cenário 1, os valores de γ_1 e γ_2 são menores do que no cenário 2, como pode observado na tabela (1). Nesta simulação

estamos assumindo que as firmas em cada um dos cenários são idênticas, e a única mudança que ocorre é no nível da indústria (aqui da economia) como um todo através das diferentes probabilidades de ocorrência de inovação, como dito.

3.2 Cenário 1 - Nível de desenvolvimento tecnológico mais baixo

No cenário 1, a taxa de crescimento do produto (CXT) em média é positiva e igual 2.07%, porém apresenta pontos de reversão em que de positiva torna-se negativa. Por sua vez, a taxa de crescimento de preços (CPME) é em média positiva no período de 1 a 500, porém apresenta declínio no período devido ao processo de difusão das inovações que ocorre por meio de processos de imitação. As firmas líderes tecnológicas e as firmas imitadoras no sentido de não perderem sua parcela de mercado, procuram reduzir seus aumentos de preços sustentadas por inovações de processo (cf. figura 1).

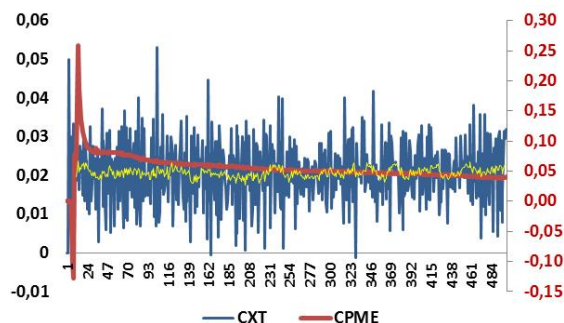


Figura 1: Cenário 1 - BDT Crescimento e Inflação

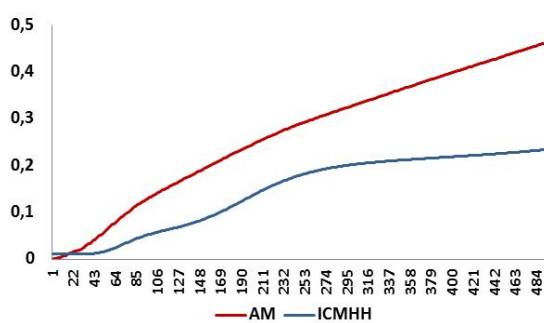


Figura 2: Cenário 1 - BDT Progresso Tecnológico e Concentração

Ainda neste cenário, verifica-se alto grau de correlação entre o nível tecnológico (AM), medida pela produtividade média, e o nível de concentração de mercado (ICMHH): 97.57. A mudança tecnológica ao elevar o nível de produtividade do trabalho das líderes tecnológicas, que em geral são firmas com postura financeira hedge, em uma taxa maior do que suas concorrentes, acaba aumentando sua competitividade-preço e a sua parcela de mercado (cf. figura 2). As firmas hedge que possuem a liderança tecnológica, conseguem mais do que compensar as elevações do salário nominal médio da economia e, destarte, sustentar aumentos de preços menores do que a firmas imitadoras. O índice de concentração Hirshman-Herfindall (ICMHH) no período 500 é igual a 0.2354.

De acordo com as figuras 3 e 4, o grau de fragilidade financeira (GFF) aumenta com o crescimento da taxa de mudança tecnológica (CAM), medida pelo crescimento da produtividade do trabalho: a correlação é positiva e igual a 43.82, sendo esta propriedade uma característica comum aos dois cenários. O grau de fragilidade média é igual a 0.95%. Assim, uma das fontes para a emergência espontânea de fragilidade financeira crescente no sistema com a elevação da proporção de firmas ponzi e especulativas, é o que poderíamos chamar de efeito inovação: a mudança tecnológica ao causar a elevação da produtividade do trabalho, reduz os custos de mão-de-obra e sustenta a competitividade-preço que, por sua vez, conduz a concentração de mercado a favor das firmas hedge e líderes tecnológicas, contribuindo para aumentar o grau de fragilidade financeira da economia.

Conforme a figura 5, verifica-se que a taxa de crescimento do produto (CXT) exerce efeito positivo sobre o grau de fragilidade financeira, sendo que o grau de correlação é positivo e igual a 10.88. Em geral isso ocorre porque como as firmas tomam decisões de produção e financiamento para o capital de giro, com racionalidade limitada na expectativas em um ambiente competitivo em permanente mudança estrutural, o crescimento da produção e da demanda esperada para os seus produtos pode ser menor ou maior do que o crescimento da sua demanda efetiva. Se o crescimento da demanda efetiva for menor do que o crescimento da produção e da demanda esperada da firma, a sua receita operacional mais a sua receita financeira se houver, não cobrirá os seus custos de produção e de financiamento e, portanto, as firmas poderão sofrer uma alteração em sua postura financeira de hedge para especulativa ou até mesmo ponzi.

Por último, quanto a conexão entre o grau de fragilidade financeira (GFF) e a reversão de tendência

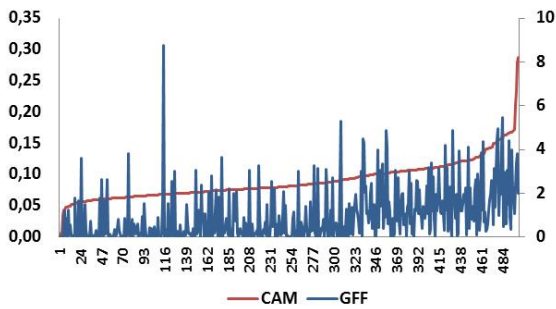


Figura 3: Cenário 1 BDT - Progresso Tecnológico e Grau de Fragilidade

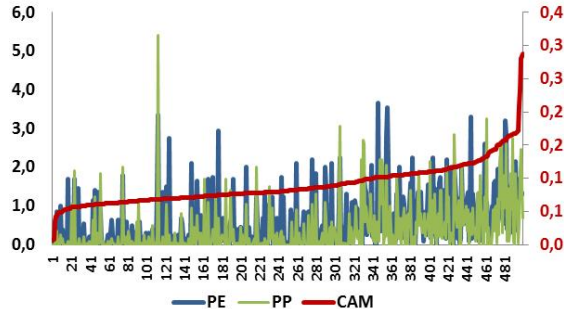


Figura 4: Cenário 1 BDT - Progresso Tecnológico e Risco das Firmas

o ciclo econômico (ICE)⁷, conforme a figura 6, verifica-se que existe neste cenário 1, uma correlação positiva e igual a 19.44. O valor médio do GFF conforme já visto é igual a 0.95%, enquanto que do ICE nas 20 simulações é igual 0.2883, o que implica 144.15 ciclos econômicos nos períodos de tempo de 1 a 500. Assim, quanto maior o grau de fragilidade financeira com forte presença de firmas com posturas financeiras ponzi, em qualquer período de tempo t , maior será a possibilidade no período de tempo $t+1$, da emergência de um ponto de reversão ou do ciclo econômico e, por extensão, quanto maior a percentagem de firmas ponzi maior também será a possibilidade de uma reversão na taxa de crescimento do produto com maior intensidade. Em outros termos, o crescimento do grau de fragilidade financeira da economia e sobretudo da percentagem de firmas ponzi na economia com expectativas negativas sobre suas vendas, tende a aumentar a frequência e a amplitude de ciclos econômicos.

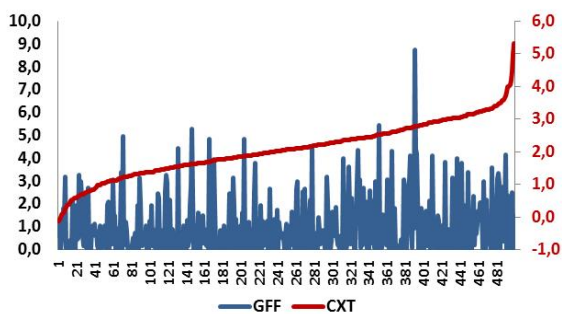


Figura 5: Cenário 1 BDT - Grau de Fragilidade e Crescimento

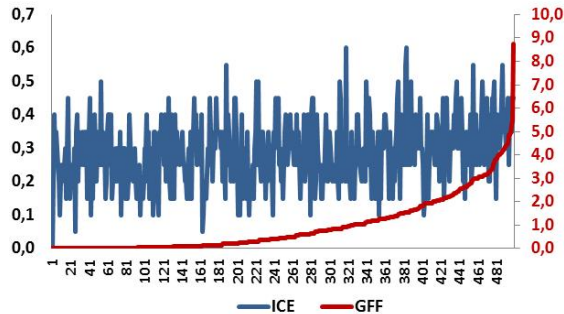


Figura 6: Cenário 1 BDT - Grau de Fragilidade e Ciclo

3.3 Cenário 2 - Nível de desenvolvimento tecnológico mais alto

O segundo cenário macroeconômico é caracterizado pela alta probabilidade de ocorrência de uma inovação. Uma economia neste ambiente é capaz de gerar mais inovações, por exemplo, devido ao maior desenvolvimento tecnológico acumulado e a complexidade atingida pelo seu sistema produtivo. Neste caso as firmas com estratégias de inovação agressivas, como altos percentuais de lucros gasto em P&D, terão um desempenho maior em termos de geração de inovação, do que se operassem numa economia menos desenvolvida. Este ambiente de alta inovação é capturado pelos parâmetros γ_1 e γ_2 , os quais aumentam a probabilidade de ocorrência de uma inovação, isto é, aumento $P_{i,t}^{IN}$ conforme a equação (18). A questão aqui é se as mesmas mudanças nos parâmetros que refletem o comportamento das firmas terá consequências diferentes daquelas observadas no cenário 1, de baixo desenvolvimento

⁷ICE é o indicador de períodos de reversão da taxa de crescimento do produto que de positivo torna-se negativo, seu valor é igual a 0 para ausência de mudança de sinal na taxa de crescimento do produto e igual a 1, se o crescimento tornar-se negativo

tecnológico. Uma das questões relevantes que podem ser respondidas, a qual é objeto de muitos estudos de crescimento e finanças, é o comportamento da economia e do sistema financeiro em uma economia mais inovativa. O que diferencia o cenário 2 são os valores maiores de γ_1 e γ_2 , os quais aumentaram 3 e 4 vezes, respectivamente, conforme tabela (1).

Assim, como ocorre com o primeiro cenário, a taxa de crescimento do produto (CXT) em média é positiva e igual a 2.09%, porém apresenta períodos de reversão tornando-se negativa. Por sua vez, a taxa de crescimento de preços (CMPE) é inicialmente positiva devido aos lucros de monopólio do inovador e a rápida concentração de mercado, porém com o processo de difusão das inovações por meio de processos de imitação, ocorre a queda da taxa de crescimento de preços que torna-se negativa. Ou seja, as firmas líderes tecnológicas e as firmas imitadoras no sentido de não perder sua parcela de mercado, procuram reduzir seus preços sustentadas por inovações de processo(cf. figura 7).

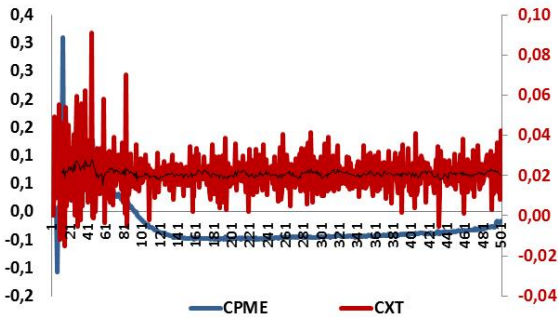


Figura 7: Cenário 2 - ADT Progresso Tecnológico e Concentração

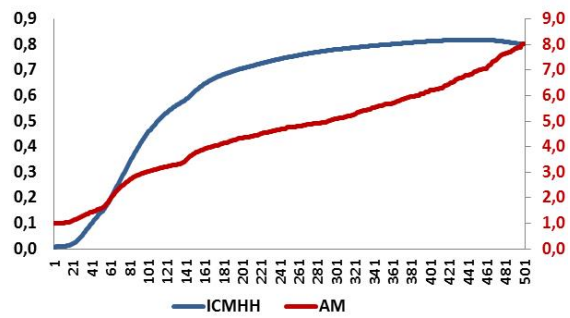


Figura 8: Cenário 2 - ADT Progresso Tecnológico e Concentração

No cenário 2, há também alto grau de correlação entre nível tecnológico (AM) e o nível de concentração de mercado (ICMHH): 90.31. Como a capacidade ou produtividade do trabalho em atividades inovativas é maior do que no cenário 1, a taxa de mudança tecnológica é maior do que do cenário 1, destarte, o processo de diferenciação entre as firmas é mais intenso, conduzindo a um nível maior de concentração de mercado a favor das firmas líderes tecnológicas que em, em geral, são as firmas hedge que aplicam parte de lucros acumulados em gastos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (cf. figura 8). O índice de concentração Hirshman-Herfindall (ICMHH) no período 500 é igual a 0.8016.

Assim como ocorre com o primeiro cenário, de acordo com as figuras 9 e 10, o grau de fragilidade financeira (GFF) aumenta com o crescimento da taxa de mudança tecnológica (CAM): a correlação é positiva e igual a 23.42, sendo esta propriedade uma característica comum aos dois cenários. Na medida que a dinâmica tecnológica é maior neste cenário 2, o grau de fragilidade média também é maior e igual a 3.34. Em geral isso ocorre porque como as firmas tomam decisões de produção e financiamento para o capital de giro, com racionalidade limitada na expectativas em um ambiente competitivo em permanente mudança estrutural, o crescimento da produção e da demanda esperada para os seus produtos pode ser menor ou maior do que o crescimento da sua demanda efetiva. Se o crescimento da demanda efetiva for menor do que o crescimento da produção e da demanda esperada da firma, a sua receita operacional não cobrirá os seus custos de produção e de financiamento e, portanto, as firmas poderão sofrer uma alteração em sua postura financeira de hedge para especulativa ou até mesmo ponzi.

Novamente neste cenário 2, conforme a figura 11, verifica-se que a taxa de crescimento do produto (CXT) exerce efeito positivo sobre o grau de fragilidade financeira, sendo que o grau de correlação é positivo e igual a 28.54, porém sendo maior do que o do cenário 1. Em um cenário de maior dinamismo tecnológico e maior potencial de diferenciação das firmas hedge em relação as especulativas e ponzi, o grau de fragilidade financeira depende com maior intensidade da taxa de crescimento do produto.

Por último, quanto a conexão entre o grau de fragilidade financeira(GFF) e o ciclo econômico (ICE), verifica-se que também neste cenário 2, uma correlação positiva, porém mais intensa, desde que o grau de correlação linear é positivo e igual a 46.82, e conforme a figura 12. O valor médio do GFF conforme já visto é igual a 3.34 enquanto que do ICE nas 20 simulações é igual 0.2951, o que implica 147.15 ciclos econômicos nos períodos de tempo de 1 a 500. Assim, quanto maior a dinâmica tecnológica, o

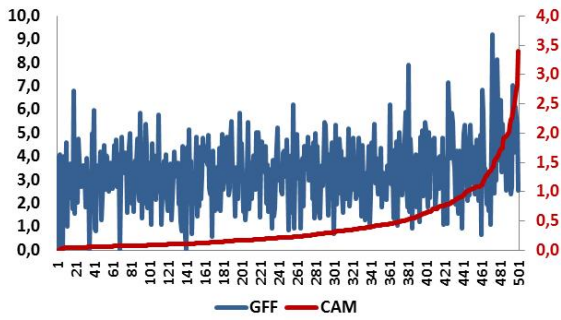


Figura 9: Cenário 2 ADT - Progresso Tecnológico e Grau de Fragilidade

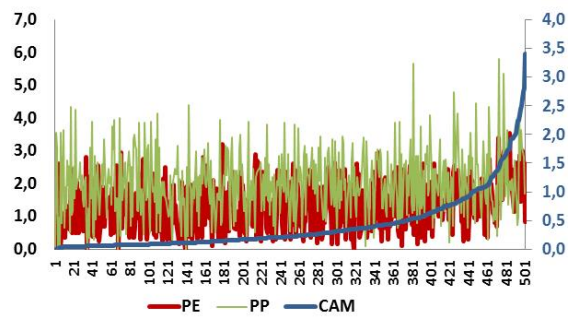


Figura 10: Cenário 2 ADT - Progresso Tecnológico e Risco das Firms

aumento do grau de fragilidade financeira em qualquer período de tempo t deverá causar com maior probabilidade, no período de tempo $t+1$, a emergência de um ponto de reversão ou do ciclo econômico, enquanto que o crescimento de firmas ponzi com expectativas negativas sobre suas vendas contribui para aumentar as possibilidades de uma queda mais acentuada na taxa de crescimento do produto. Em outros termos, o crescimento do grau de fragilidade financeira e sobretudo da forte presença de firmas ponzi na economia, tende a aumentar a frequência e a amplitude de ciclos econômicos.

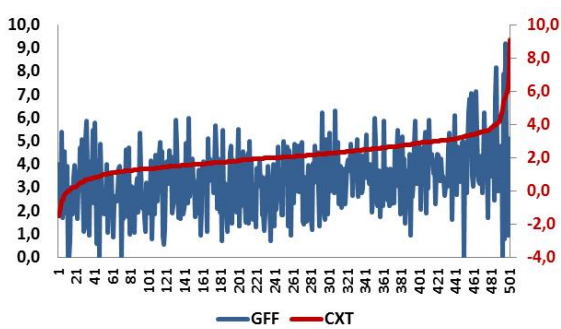


Figura 11: Cenário 2 ADT - Grau de Fragilidade e Crescimento

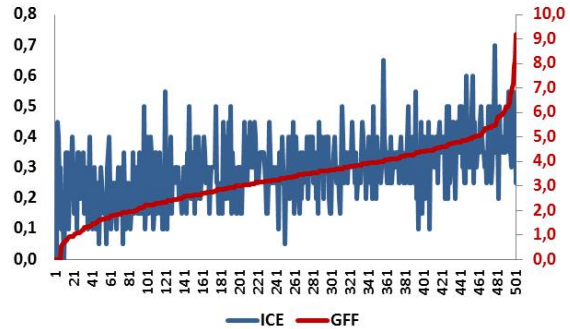


Figura 12: Cenário 2 ADT - Progresso Tecnológico e Ciclo

3.4 Relações de causalidade - testes econométricos

Embora o modelo seja construído a partir de equações em diferenças finitas, em geral com um *lag* de defasagem, a interação das firmas entre si e das suas respostas adaptativas ao ambiente macroeconômico pode gerar relações de causalidade distintas daquelas contidas na estrutura matemática destas equações. Para avaliar estas relações de causalidade, que emergem de relações complexas, apresentamos na tabela 2 os resultados de testes de causalidade executados a partir dos dados das 20 simulações apresentadas anteriormente.

Para testar as conexões entre as variáveis CAM e GFF e CXT e GFF foram criadas as variáveis $GFFCXT$ e $GFFCAM$ classificando-se os valores de GFF , do menor para o maior valor das variáveis CXT e CAM , respectivamente. Nos testes de raiz unitária, para escolher a ordem das defasagens foi aplicado os critérios informação de Akaike modificado e Schwarz-SC. Uma vez satisfeitos os critérios de raiz unitária e co-integração executou-se os testes de causalidade no sentido de Granger. Nos testes de cointegração e de causalidade a seleção da quantidade de defasagens foi realizada aplicando-se os critérios informação de Akaike, Hannan-Quinn e Bayesiano.

Estamos interessados, nesta análise, em testar as relações de causalidades entre fragilidade financeira, mudança tecnológica e ciclo econômico. A estrutura matemática do modelo poderia facilmente

induzir à uma relação de causalidade uni-direcional entre estas variáveis. Mas surpreendente estas relações de causalidade não coincidem com a estrutura matemática das equações e mais ainda, se alteram quando se passa de um caso de uma economia de mais baixo desenvolvimento tecnológico (BDT) para mais alto (ADT). Isto pode ser observado na parte final da tabela 2 que mostra os teste de causalidade de Granger.

As relações de causalidade resultantes mostram que no cenário de alto desenvolvimento tecnológico (ADT) a mudança tecnológica contribui para aumentar o grau de fragilidade financeira da economia, enquanto que no cenário de baixo desenvolvimento tecnológico (BDT) a causalidade é bidirecional entre ambos. Outro resultado econométrico é que no cenário ADT, a causalidade é bidirecional entre o crescimento do produto e o grau de fragilidade financeira, enquanto que no cenário de BDT verifica-se a ausência de causalidade entre ambos. Por último, verifica-se que no cenário BDT quanto maior o grau de fragilidade financeira, sobretudo com a forte presença de firmas Ponzi com expectativas de vendas negativas, maior a frequência e a amplitude de ciclos econômicos, enquanto que no cenário ADT a causalidade é bidirecional entre ambos.

Tabela 2: Testes Econométricos de Relações de Causalidade

Raiz Unitária DF-GLS ao Nível de Significância de 5%	
BDT	ADT
<i>CXT</i> , <i>CAM</i> , <i>GFFCAM</i> , <i>gff</i> e <i>ice</i> são variáveis com raiz unitária I(1) e <i>GFFCXT</i> é uma variável I(0)	<i>CXT</i> , <i>GFFCXT</i> , <i>CAM</i> , <i>GFFCAM</i> , <i>gff</i> e <i>ice</i> são variáveis com raiz unitária I(1)
Vetores de Cointegração de Johansen ao Nível de Significância: 5%	
BDT	ADT
$GFF = -0,8424 + 21,4462 * CAM$ Não há cointegração entre <i>CXT</i> e <i>GFF</i> $ice = -1,2449 + 0,0697 * gff$	$GFF = 3,0859 + 62,9739 * CAM$ $GFF = 2,0856 + 57,9250 * CXT$ $ice = -1,8249 + 0,4605 * gff$
Teste de Wald para Causalidade de Granger ao Nível de Significância de 1% e 5%	
BDT	ADT
Causalidade bidirecional entre <i>CAM</i> e <i>GFF</i> Ausência de causalidade entre <i>CXT</i> e <i>GFF</i> Causalidade unidirecional de <i>gff</i> para <i>ice</i>	Causalidade unidirecional de <i>CAM</i> para <i>GFF</i> Causalidade bidirecional de <i>CXT</i> para <i>GFF</i> Causalidade bidirecional entre <i>ice</i> e <i>gff</i>

Obs: Variáveis minúsculas representam o logaritmo natural.

4 Conclusão

Quanto ao efeito da mudança técnica, verifica-se que ela não é capaz de alterar o padrão de evolução temporal do grau de fragilidade financeira do sistema entre os cenários de baixo e alto desenvolvimento tecnológico: em ambos os cenários há uma correlação positiva entre a taxa de mudança tecnológica e a percentagem de firmas especulativas e ponzi. Entretanto, em cenários macroeconômicos de alto desenvolvimento tecnológico, a mudança técnica contribui consideravelmente para aumentar o grau de fragilidade financeira da economia.

Assim, no contexto do presente modelo, além do crédito bancário, uma das fontes para a emergência espontânea de fragilidade financeira crescente no sistema com a elevação da proporção de firmas ponzi e especulativas, é o efeito da inovação sobre a produtividade: a mudança tecnológica ao causar a elevação da produtividade do trabalho, reduz os custos de mão-de-obra e sustenta a competitividade-preço que, por sua vez, conduz a concentração de mercado a favor das firmas hedge e líderes tecnológicas, contribuindo para aumentar o grau de fragilidade financeira da economia.

Os resultados das simulações sugerem também que quanto maior a taxa de crescimento do produto, maior a percentagem de firmas especulativas e ponzi na economia, sendo mais intensa esta conexão

quanto maior o dinamismo tecnológico. Como as firmas tomam decisões de produção e financiamento para o capital de giro, com racionalidade limitada na expectativas em um ambiente competitivo em permanente mudança estrutural, o crescimento da produção e da demanda esperada para os seus produtos pode ser menor ou maior do que o crescimento da sua demanda efetiva. Se o crescimento da demanda efetiva for menor do que o crescimento da produção e da demanda esperada da firma, a sua receita operacional não cobrirá os seus custos de produção e de financiamento e, portanto, as firmas sofrerão uma alteração em sua postura financeira de hedge para especulativa ou até mesmo ponzi.

Outro resultado inequívoco, em ambos os cenários macroeconômicos de baixo e alto desenvolvimento tecnológico, quando se olha a evolução no tempo, é que a fragilidade financeira não desaparece e é uma propriedade persistente, de forma que o setor bancário, embora seja capaz de alocar recursos mais eficientemente entre projetos evitando assim risco moral por parte de firmas –como afirma a literatura que trata de crescimento econômico e finanças–, não é capaz de eliminar a fragilidade financeira e, portanto, a probabilidade de ciclos econômicos. De fato, de acordo com o cenário de alto desenvolvimento tecnológico.

Por último, quanto a conexão entre o grau de fragilidade financeira (GFF) e o ciclo econômico (ICE), verifica-se que em ambos os cenários 1 e 2 que o aumento do grau de fragilidade financeira tende a elevar as possibilidades da emergência de ciclos econômicos. Ademais, quanto maior a dinâmica tecnológica, o aumento do grau de fragilidade financeira em qualquer período de tempo t deverá causar com maior probabilidade, no período de tempo $t+1$, a emergência de um ponto de reversão ou do ciclo econômico, enquanto que o crescimento de firmas ponzi com expectativas negativas sobre suas vendas contribui para aumentar as possibilidades de uma queda mais acentuada na taxa de crescimento do produto. Em outros termos, o crescimento do grau de fragilidade financeira e sobretudo da forte presença de firmas ponzi na economia, tende a aumentar a frequência e a amplitude de ciclos econômicos.

Referências

- Anbazo, L. (1997). Commercial bank net interest margins, default risk, interest risk, and off-balance sheet banking. *Journal of Banking and Finance*, 21.
- Arrow, K. J. (1962a). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *Collected papers of Kenneth J. Arrow, Vol (5) Production and capital, (1985)*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Arrow, K. J. (1962b). The economics implicatons of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29:155–173.
- Bencivenga, V. R. and Smith, B. D. (1991). Financial intermediation and endogenous growth. *The Review of Economic Studies*, 58(2):195–209.
- Boyd, J. H. and Smith, B. D. (1992). Intermediation and the equilibrium allocation of investment capital: Implications for economic development. *Journal of Monetary Economics*, 30(3):409–432.
- Brock, P. and Rojas-Suarez, L. (2000). Understanding the behavior of bank spreads in latin america. *Journal of Development Economics*, 63.
- Brown, J. R., Fazzari, S. M., and Bruce, P. (2009). Financing innovation and growth: Cash flow, external equity, and the 1990s r&d boom. *The Journal of Finance*, 64(1):151–185.
- Cameron, R. E. (1967). *Banking in the Early Stages of Industrialization: A Study in Comparative Economic History*. Oxford University Press, New York.
- De la Fuente, A. and Marin, J. (1996). Innovation, bank monitoring, and endogenous financial development. *Journal of Monetary Economics*, 38:269–301.
- Dosi, G., Freeman, C., and Fabiani, S. (1994). The process of economic development: introducing some stylized facts and theories on technologies, firms and institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3:168–203.

- Galetovic, A. (1996). Specialization, intermediation and growth. *Journal of Monetary Economics*, 38(3):549–559.
- Goldsmith, R. W. (1969). *Financial Structure and Development*. Yale University Press, New Haven, Conn.
- Greenwood, J. and Jovanovic, B. (1990). Financial development, growth, and the distribution of income. *Journal of Political Economy*, 98:1076–1107.
- Jung, W. S. (1986). Financial development and economic growth: International evidence. *Economic Development and Cultural Change*, 34:333–346.
- Kaldor, N. (1961). Capital accumulation and economic growth. In Lutz, F. A. and Hague, D. C., editors, *The Theory of Capital*, pages 177–222, New York. St. Martin's Press.
- Kaldor, N. (1982). *The Scourge of Monetarism*. Oxford University Press, Oxford.
- Kaldor, N. (1985). How monetarism failed. *Challenge*, 28(2):4–13.
- King, R. G. and Levine, R. (1993). Financial, entrepreneurship, and growth: Theory and evidence. *Journal of Monetary Economics*, 32:513–542.
- Leontief, W. and Strout, A. (1963). Multiregional input-output analysis. In Barna, T., editor, *Structural interdependence and economic development*, pages 243–259, London, UK. St. Martin Press.
- Levine, R. (1991). Stock markets, growth, and tax policy. *The Journal of Finance*, 46(4):1445–1465.
- Levine, R. (2005). Finance and growth: Theory and evidence. In Aghion, P. and Durlauf, S., editors, *Handbook of Economic Growth*, Amsterdam. North-Holland Elsevier.
- Lima, G. T. and Freitas, G. (2007). Debt financing and emergent dynamics of a financial fitness landscape. Preliminary draft for presentation at the agent-based economics sessions at the Eastern Economic Association Meetings, New York City, February 23–25, 2007.
- Lucas, R. L. (1988). On the mechanism of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22:3–42.
- McKinnon, R. I. (1973). *Money and Capital in Economic Development*. Brookings Institute, Washington.
- Merton, R. (1995). A functional perspective of financial intermediation. *Financial Management*, 24:23–41.
- Merton, R. and Bodie, Z. (1995). A conceptual framework for analyzing the financial environment. In Crane, D.B., e. a., editor, *The Global Financial System: A Functional Perspective*, pages 3–31, Boston, Massachusetts. Harvard Business School Press.
- Minsky, H. (1982). *Can it happen again? Essays on instability and finance*. M. E. Sharpe, New York.
- Moore, B. (1988). *Horizontalists and Verticalists: The Macroeconomics of Credit Money*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Morales, M. F. (2003). Financial intermediation in a model of growth through creative destruction. *Macroeconomic Dynamics*, 7(03):363–393.
- Nelson, R. R. and Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press, EUA.
- Robinson, J. (1952). *The generalization of the general theory, in: The rate of interest and other essays*. Macmillan, London.

- Saint-Paul, G. (1992). Technological choice, financial markets and economic development. *European Economic Review*, 36(4):763–781.
- Saunders, A. and Schumacher, L. (2000). The determinants of interest rate margins: an international study. *Journal of International Money*, 19.
- Shaw, E. S. (1973). *Financial Deepening in Economic Development*. Oxford University Press, New York.
- Valente, M. and Andersen, E. (2002). A hands-on approach to evolutionary simulation: Nelson and winter models in the laboratory for simulation development. *The Electronic Journal of Evolutionary Modeling and Economic Dynamics*.
- Verdoorn, J. P. (1949). On the factors determining the growth of labor productivity. In Pasinetti, L., editor, *Italian Economic Papers, Vol. II*, Oxford. Oxford University Press.
- Waldrop, M. (1992). *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. Touchstone, New York.