

# MODELO SEMI-ENDÓGENO DE CRESCIMENTO ECONÔMICO POR MEIO DE INOVAÇÕES EMERGENTES

Luis Felipe de Souza Rodrigues<sup>1</sup>

Esta pesquisa propõe um modelo híbrido de crescimento econômico que combina abordagens endógenas e semi-endógenas com a tradição pós-keynesiana e evolucionária, incorporando simultaneamente fatores de oferta e demanda na determinação da produtividade setorial e do crescimento econômico. A teoria sugere que a acumulação de conhecimento, a intensidade de P&D e o número de pesquisadores são motores centrais da inovação, enquanto choques de demanda, utilização da capacidade produtiva e margens de lucro funcionam como estímulos adicionais, reforçando a retroalimentação tecnológica. O modelo também considera emergências tecnológicas, caracterizadas por novidades disruptivas, alto crescimento, coerência interna e impacto significativo, e spillovers intersetoriais, que ampliam a difusão do conhecimento. Espera-se que os resultados empíricos confirmem que setores com maior investimento em P&D e maior capacidade de absorção apresentam crescimento mais elevado da produtividade total dos fatores (TFP). Além disso, choques persistentes de demanda devem acelerar a inovação além do efeito do P&D, evidenciando a importância da retroalimentação mercado-tecnologia. Emergências tecnológicas e spillovers devem gerar saltos adicionais na TFP, mostrando o impacto das inovações disruptivas sobre as trajetórias setoriais. O estudo também deve indicar que o crescimento de longo prazo depende tanto do número de pesquisadores quanto da intensidade de emergências e demanda, oferecendo importantes subsídios para políticas de inovação e estratégias de desenvolvimento tecnológico.

Palavras-chaves: Crescimento econômico; Inovação tecnológica; P&D; Emergências tecnológicas; Spillovers.

This research proposes a hybrid model of economic growth that combines endogenous and semi-endogenous approaches with the post-Keynesian and evolutionary tradition, simultaneously incorporating supply and demand factors in determining sectoral productivity and economic growth. The theory suggests that knowledge accumulation, R&D intensity, and the number of researchers are central drivers of innovation, while demand shocks, capacity utilization, and profit margins act as additional stimuli, reinforcing technological feedback mechanisms. The model also considers technological emergences, characterized by disruptive novelty, rapid growth, internal coherence, and significant impact, as well as intersectoral spillovers that amplify knowledge diffusion.

It is expected that the empirical results will confirm that sectors with higher R&D investment and greater absorptive capacity exhibit higher growth of total factor productivity (TFP). Furthermore, persistent demand shocks are expected to accelerate innovation beyond the R&D effect, highlighting the importance of market-technology feedback. Technological emergences and spillovers should generate additional jumps in TFP, demonstrating the impact of disruptive innovations on sectoral trajectories. The study is also expected to show that long-term growth depends both on the number of researchers and on the intensity of emergences and demand, providing valuable insights for innovation policies and technological development strategies.

Keywords: Economic growth; Technological innovation; R&D; Technological emergences; Spillovers.

<sup>2</sup>E320; O330; O410.

## 1. Introdução

Romer (1990) e Jones & Romer (2010), na tradição ortodoxa, mostram que tecnologia e conhecimento, como insumos não rivais, geram retornos crescentes e tornam o progresso tecnológico o propulsor do crescimento sustentado. A produtividade total dos fatores cresce não apenas com capital e trabalho, mas também com a acumulação tecnológica, condicionada por variáveis institucionais que afetam a criação e difusão do conhecimento. Ainda assim, esses modelos mantêm a limitação ortodoxa de

---

<sup>1</sup> Mestrando em Economia na Universidade Federal de Mato Grosso (lfsouza25@gmail.com)

que o crescimento é restrito pelo lado da oferta e, no longo prazo, depende de a taxa de crescimento populacional tender a zero em todos os setores.

Em contraste com essa base teórica ortodoxa, Romero & Britto (2017), inseridos na tradição heterodoxa, propõem uma análise mais complexa do crescimento econômico como um fenômeno não linear. Seu modelo enfatiza a interação dinâmica entre a produtividade total dos fatores, a acumulação de capital e a expansão da força de trabalho. Diferentemente dos modelos de Jones & Romer (2010), a abordagem de Romero & Britto (2017) foca no desenvolvimento tecnológico não ligado diretamente ao capital humano, mas sim às firmas e à intensidade de pesquisa.

Nesse modelo, o crescimento do capital é endogenamente determinado pela demanda, influenciado pela taxa de lucro e pela utilização da capacidade produtiva. É neste contexto que os choques de demanda estimulam vendas, reforçam investimentos em P&D e alimentam processos contínuos de inovação e imitação, elevando produtividade, reduzindo custos e aumentando a rentabilidade das firmas (Caiani et al., 2014). A tecnologia é concebida como um estoque intangível de conhecimento que se organiza setorialmente em trajetórias tecnológicas, as quais direcionam a inovação e a difusão de novos métodos e produtos.

Essa interpretação da tecnologia reflete uma compreensão do processo de inovação como dinâmico e intrinsecamente ligado às estratégias e comportamentos das firmas, incluindo seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e sua capacidade de adaptação e imitação (Schumpeter, 1939, 1942). A taxa de lucro setorial é, inclusive, impactada pela variável de tecnologia setorial, refletindo a natureza cíclica do desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, o modelo de Romero & Britto (2017) se afasta da limitação de oferta para explorar as dinâmicas impulsionadas pela demanda e pelas decisões inovadoras das firmas.

Nesse sentido, a produtividade incorpora efeitos exógenos e o efeito Kaldor-Verdoorn, em que o crescimento do produto gera ganhos de escala e aprendizado. Portanto, um componente tecnológico setorial ajuda entender como uma inovação impacta cada setor, definido por redes de interação, spillovers, acumulação de conhecimento e instituições (Caiani et al. 2016; Dosi, 1988). Sendo assim, a tecnologia é dinâmica, sujeita a trajetórias, emergências e dormências, em consonância com Dosi (1982, 1990), que destaca a natureza cumulativa, irreversível e complexa do conhecimento tecnológico.

Para Dosi (1982), as trajetórias tecnológicas representam padrões ordenados e seletivos de mudança contínua e progresso dentro de um paradigma tecnológico específico, sendo moldadas por princípios científicos, tecnológicos, econômicos e sociais. Essas trajetórias são baseadas em corpos de conhecimento específicos e heurísticas de busca, e caracterizam-se pela cumulatividade dos avanços técnicos e pela irreversibilidade. O progresso ao longo de uma trajetória, que autor chama de progresso técnico "normal", ocorre através da exploração de ganhos de escala latentes, da crescente automação ou da melhoria de trade-offs multidimensionais. Uma vez estabelecido um padrão tecnológico, esse progresso se torna endógeno ao mecanismo econômico.

A existência de emergências tecnológicas dentro de trajetórias corresponde a descontinuidades e à introdução de novos paradigmas. Nesse sentido, Metcalfe (1998), com seu Princípio de Fisher, oferece uma perspectiva sobre como a variedade impulsiona a mudança, afirmando que a taxa e a direção da mudança evolucionária dependem explicitamente de como a variedade é coordenada. O autor explora essa dinâmica em diversos contextos, incluindo o de empresas que produzem produtos diferentes e mercados com entrada significativa. Além disso, a competição atua como um processo de seleção, onde unidades de negócios, cada uma articulando um processo de transformação particular e diferente para um produto idêntico, têm suas participações de mercado alteradas (mudança estrutural). O processo competitivo busca o produtor de menor custo, levando à dominância dos "melhores competidores". A única defesa eficaz contra essa monopolização é o comportamento inovador de rivais e novos entrantes.

Essas descontinuidades representam momentos de ruptura radical, pois, tecnologias invasoras podem proporcionar desempenho significativamente superior, redução de custos ou ambos, frequentemente caracterizando a invasão de um mercado estável por uma inovação radical (Utterback & Kim, 1996). Tushman e Anderson (1986) aprofundam essa visão ao diferenciar descontinuidades como "melhoria de competência", que aprimoram competências existentes, ou "destruição de competência", que as tornam obsoletas. Ambos os autores enfatizam como tais descontinuidades desencadeiam um ciclo de inovação, evoluindo de um período de maturação para a consolidação de um padrão dominante e, posteriormente, para mudanças incrementais.

Essas rupturas tecnológicas estão ligadas ao circuito retroalimentado de oferta e demanda que impulsiona o desenvolvimento econômico. Nelson e Winter (1982) explicam que a estrutura de mercado e o desempenho tecnológico são gerados endogenamente por fatores como demanda, oportunidades tecnológicas e a capacidade das firmas de se apropriar dos retornos de P&D. Portanto, o aumento da demanda estimula o investimento e o P&D, transformando as trajetórias tecnológicas. Este P&D, conforme Nelson e Winter (1982), representa um aprendizado tecnológico formalizado, essencial em ambientes de altas oportunidades tecnológicas. Esse ciclo resulta em um sistema dinâmico e setorialmente diferenciado, onde as trajetórias de crescimento emergem de interações complexas, refletindo a dependência de trajetória (*path dependence*) e a natureza cumulativa do desenvolvimento econômico (Dosi, 1988, 1990).

Por sua vez, Jones (2021) desenvolve um modelo de crescimento semi-endógeno, complementando os trabalhos de Romer (1986, 1990) sobre crescimento econômico impulsionado por tecnologias. Enquanto Romer destaca a não-rivalidade das ideias como motor do crescimento sustentado, Jones mantém que ideias elevam a renda de todos, mas introduz uma distinção: nos modelos semi-endógeno, o crescimento de longo prazo não depende da população, apenas do crescimento dos pesquisadores, influenciando o nível do produto per capita, mas não a taxa de crescimento sustentada.

Nessa mesma linha de debate, Chu e Wang (2022) analisam os efeitos dos subsídios à P&D em um modelo híbrido capaz de gerar tanto crescimento semi-endógeno quanto plenamente endógeno em equilíbrio. Os autores mostram que os subsídios afetam de forma distinta a ativação endógena das inovações de variedade e de qualidade, impactando diferentemente o crescimento conforme o regime predominante. Além disso, evidenciam que os próprios subsídios determinam qual regime de crescimento emerge no equilíbrio, sugerindo que análises restritas a apenas um regime podem capturar de forma incompleta os efeitos da política de P&D.

Contudo, segundo Verspagen (2007), é possível mapear trajetórias tecnológicas por meio de patentes e documentos científicos, em um contexto de crescimento semiendógeno que ocorre pelo aumento no número de pesquisadores. O autor propõe identificar trajetórias tecnológicas por meio da análise de caminho principal (*main path analysis*) em redes de citações. Entretanto, estudos como Filippin (2021) mostram limitações, apontando que o método pode incluir soluções falhas e não capturar completamente trajetórias principais, sendo mais adequado para analisar clusters de tecnologias.

Para contornar isso, Rotolo et. al. (2015) buscam entender o que são o que são tecnologias emergentes dentro de uma trajetória tecnológica, caracterizando-as pelos atributos: novidade radical, crescimento rápido, coerência interna, impacto significativo e elevado grau de incerteza. Para operacionalizar a identificação dessas tecnologias, Carley et. al. (2018) desenvolveram um indicador de emergência de quatro partes, baseado em critérios de novidade, persistência, comunidade e crescimento. O resultado fornece uma ferramenta preditiva para gestão de P&D, destacando áreas promissoras para investimentos e financiamento, embora sua precisão dependa dos termos de entrada e possa apresentar limitações de robustez. Além disso, indicadores secundários, como autores, organizações e países associados aos termos emergentes, oferecem valor analítico adicional para mapear o desenvolvimento tecnológico e os fluxos de inovação.

Diante desse arcabouço teórico, uma hipótese natural seria investigar se as técnicas de identificação de emergência tecnológica — como indicadores baseados em publicações, patentes, redes de citações e atributos de novidade, persistência, comunidade e crescimento (Rotolo et al., 2015; Carley et al., 2018) — podem servir como um parâmetro empírico para avaliar a relação entre a dinâmica tecnológica, o crescimento populacional e o crescimento econômico. A premissa é que, em modelos endógenos e semi-endógenos de crescimento, o ritmo de inovação e a frequência de discontinuidades tecnológicas dependem do número de pesquisadores e da capacidade de absorção tecnológica do sistema econômico (Jones, 2021; Peters & Walsh, 2021). Assim, ao quantificar emergências tecnológicas, seria possível analisar como essas rupturas e trajetórias de inovação se correlacionam com variações na população e na produtividade, fornecendo uma medida objetiva para estudar o impacto da dinâmica tecnológica sobre o crescimento agregado e setorial.

## 2. Objetivo

O objetivo desta pesquisa é propor uma abordagem teórica que integre elementos dos modelos endógenos e semi-endógenos de crescimento com a tradição pós-keynesiana e evolucionária, de modo a incorporar simultaneamente fatores de oferta (estoque de conhecimento, número de pesquisadores, trajetórias tecnológicas) e de demanda efetiva (lucros, investimentos, choques de consumo e utilização da capacidade produtiva) como determinantes da produtividade e do crescimento econômico. A proposta consiste em reformular a função de produção tradicional, de base ortodoxa, de forma a incluir explicitamente os efeitos de demanda e mecanismos de retroalimentação tecnológica. Isso permitirá derivar hipóteses sobre como inovações emergentes — identificáveis por indicadores baseados em patentes, publicações e redes de citações — interagem com a dinâmica de demanda setorial, condicionando a absorção, difusão e impacto dessas inovações no crescimento econômico.

Estrutura básica do modelo:

#### 1 - Função de Produção Setorial

$$Y_i(t) = A_i(t) K_i(t)^\alpha L_i(t)^{1-\alpha}$$

onde  $A_i$  = TFP/estoque de conhecimento setorial.

#### 2 - Movimento de conhecimento

$$\dot{A}_i(t) = B A_i(t)^\theta R_i(t)^\phi u_i(t)^\psi S C a p_i(t)^\gamma + \sum_j \omega_{ij} A_i(t)^\theta R_j(t)^\phi - \delta_A A_i(t)$$

- $R_i$ : Investimento em P&D =  $\rho(\Pi_i(t) Y_i(t))^\beta u_i(t)^\zeta S C a p_i(t)^\alpha$ . Onde  $\Pi_i$  representa a margem de lucro por unidade,  $u_i$  a utilização da capacidade e  $S C a p_i$  a capacidade de absorção;
- $\sum_j \omega_{ij}$ : representa spillovers intersetoriais (rede de trajetórias tecnológicas);
- $\theta$ : controla dependência do fluxo de novos conhecimentos sobre o estoque já acumulado (grau de retornos à escala no conhecimento);
- $\phi$  mede elasticidade da produção de conhecimento em relação ao fluxo de R&D;
- $\psi$  incorpora efeito direto da utilização (canal demanda → conhecimento);
- $\gamma$  potência da absorção.

#### 3. Modelos de crescimento

Se R cresce com pesquisadores (n) e demanda ( $g_Y$ ):

$$g = \frac{\phi}{1-\theta} (n + \chi g_Y)$$

- Se  $\theta = 1$  (Romer): a taxa de crescimento tecnológico independe do crescimento da população de pesquisadores n. O crescimento sustentado vem do fluxo contínuo de P&D.
- Se  $\theta < 1$  (Jones): o crescimento de longo prazo depende do crescimento da população de pesquisadores n.
- No modelo estendido (heterodoxo): além de n, entra também o crescimento da demanda  $g_Y$ . Ou seja, choques persistentes de demanda (via utilização, lucros, vendas) aumentam a taxa de crescimento tecnológico.

#### 4 - Emergência tecnológica

$$E_i = \Lambda R_i^\eta u_i^\kappa S C a p_i^\tau V_i^\nu$$

Onde  $V_i$  índice de emergência pelos critérios novidade, persistência, comunidade e crescimento.

#### 5 - Movimentação de conhecimento com emergências

$$\dot{A}_i(t) = B A_i(t)^\theta R_i(t)^\phi u_i(t)^\psi S C a p_i(t)^\gamma + \sum_j \omega_{ij} A_i(t)^\theta R_j(t)^\phi - \delta_A A_i(t) + E_{ij}(t)^\xi$$

Em que  $\xi$  mede a sensibilidade do crescimento tecnológico à intensidade das emergências. Quanto maior  $\xi$ , mais as emergências influenciam o ritmo de acumulação de conhecimento; quanto menor, mais limitado é seu impacto.

Portanto, as hipóteses avaliadas são:

- H1 (oferta): Setores com maior intensidade de R&D apresentam crescimento maior de A;
- H2 (demanda): Crescimento do produto (demanda) estimula crescimento de A além do canal R&D (efeito Kaldor-Verdoorn / demanda-induzida);
- H3 (absorção): Capacidade de absorção amplifica retorno do R&D;
- H4 (regimes): O crescimento de longo prazo depende de n (semi-endógeno);
- H5 (spillover): Redes tecnológicas aumentam impactos de R&D local;

H6 (emergência): maior o fluxo de emergências, mais acelerado o crescimento tecnológico.

### 3. Originalidade

A originalidade desta tese reside na construção de uma abordagem híbrida que integra modelos endógenos e semi-endógenos de crescimento econômico com a tradição pós-keynesiana e evolucionária. Diferentemente da literatura dominante, que tende a separar explicações pelo lado da oferta (estoque de conhecimento, número de pesquisadores, P&D) das análises pelo lado da demanda (lucros, capacidade utilizada, choques de consumo), a proposta aqui formulada reformula a função de produção tradicional para incluir explicitamente mecanismos de retroalimentação tecnológica induzidos pela demanda. Além disso, incorpora ao modelo o conceito de emergências tecnológicas como fator formal na dinâmica do crescimento, superando a limitação de modelos que consideram apenas a acumulação incremental de conhecimento. Com isso, a tese amplia o escopo do debate sobre crescimento ao articular trajetórias tecnológicas, descontinuidades e choques de demanda em um arcabouço unificado.

### 4. Metodologia

#### 4.1 Especificação empírica do modelo e dados

Para testar empiricamente a construção teórica proposta, formaliza-se em um modelo de regressão com dados em painel com objetivo de estimar o efeito relativo sobre a evolução da produtividade tecnológica setorial do esforço de P&D (oferta de inovação), demanda efetiva (pressão de mercado sobre adoção e difusão tecnológica) e emergências tecnológicas (novidades disruptivas que alteram trajetórias de produtividade). Sendo assim, a equação para a estimação é a seguinte:

$$\Delta \ln A_{i,t} = \alpha_i + \tau_t + \beta_1 \ln \left( \frac{R}{Y} \right)_{i,t} + \beta_2 \Delta \ln Y_{i,t} + \beta_3 \text{SCap}_{i,t} + \beta_4 \text{Emerg}_{i,t} + \beta_5 \text{Spill}_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

A: TFP setorial.

R/Y: intensidade de P&D (gasto em R&D sobre valor agregado ou patentes ponderadas).

Y: crescimento do setor (canal demanda / Kaldor–Verdoorn).

SCap: absorptive capacity (p.ex. pesquisadores per capita).

Emerg: índice de emergência (novidade/persistência/comunidade/crescimento).

Spill: spillovers proximidade tecnológica via citações/patentes.

$\alpha$ : efeito fixo setorial;

$\tau$ : efeitos temporais.

Entretanto, é preciso tratar a endogeneidade, uma vez que o esforço de P&D pode ser endógeno à produtividade, a demanda efetiva pode crescer em resposta a ganhos de produtividade e emergências tecnológicas podem estar correlacionadas a choques não observáveis que afetam a produtividade. Para lidar com isso, será adotado o método *System-GMM* para painéis dinâmicos, utilizando instrumentos plausíveis como lags defasados de P&D, choques exógenos de demanda e políticas públicas de inovação ou adoção tecnológica, além de incluir efeitos fixos setoriais e temporais para mitigar heterogeneidade não observada.

Por maior disponibilidade de dados, serão avaliados os países da OCDE. As prováveis fontes de dados são: o World Input-Output Database (WIOD) (cálculo de PTF setorial), OCDE (crescimento por setor), UNESCO (quantidades de pesquisadores) e PATSTAT (emergência e spillover).

#### 4.2 Índice de Emergência e Spillover

O passo inicial para a criação do índice de emergência consiste na extração de termos presentes nos títulos e resumos das patentes por meio de Processamento de Linguagem Natural (NLP), considerando suas relações semânticas. Com esses termos é possível saber se cada um apresenta baixa similaridade com o restante de estoque de conhecimento - dentro de um setor de pesquisa - ao longo do tempo, podendo estabelecer qual é seu nível de novidade. Pelo cálculo de entropia dos termos, observa-se o quão coeso é cada setor. Ao avaliar o quanto um termo se conecta por meio de citações com o restante das patentes, estabelece-se o nível de comunidade desse termo. Enquanto que quando se avalia o quanto

cada novo termo acumulou ocorrências ao longo do tempo, é possível identificar seu nível de crescimento. Por fim, esses indicadores são a base para ponderar o índice de emergência.

Por sua vez, o cálculo do spillover avalia o quanto as patentes de determinado setor se conectam com as patentes dos outros setores ao longo do tempo. Essa avaliação ocorre verificando o a quantidade de vezes que uma patente presente em um setor é citada pelos outros setores.

## 5. Resultados Esperados

Com base na formulação teórica e na metodologia proposta, espera-se que a análise empírica forneça evidências robustas sobre os mecanismos que conectam inovação, demanda e crescimento econômico, permitindo compreender melhor como a dinâmica tecnológica influencia a produtividade setorial e agregada. É esperado que setores com maior intensidade de P&D apresentem taxas mais elevadas de crescimento da produtividade total dos fatores (TFP), evidenciando que a acumulação de conhecimento setorial funciona como motor central do crescimento tecnológico. Esse efeito deve ser ainda mais forte nos setores com maior capacidade de absorção, indicando que a presença de pesquisadores qualificados e infraestrutura tecnológica adequada potencializa os retornos do investimento em inovação.

Além disso, prevê-se um efeito positivo significativo do crescimento do produto sobre a TFP, para além do canal tradicional de P&D. Isso indicaria que choques persistentes de demanda, refletidos no aumento de vendas, utilização da capacidade produtiva e margens de lucro, estimulam investimentos em inovação e aceleram a acumulação tecnológica, confirmando a importância da retroalimentação entre oferta e demanda. Espera-se também que setores caracterizados por maior frequência de emergências tecnológicas — identificadas pelos índices de novidade, persistência, comunidade e crescimento — apresentem saltos mais acentuados na produtividade, demonstrando o impacto das inovações disruptivas sobre as trajetórias setoriais. Os efeitos de spillover devem revelar que a proximidade tecnológica entre setores potencializa a difusão do conhecimento, permitindo que inovações emergentes em um setor influenciem positivamente o crescimento de outros setores interligados.

No que diz respeito aos regimes de crescimento semi-endógeno, espera-se que a análise confirme a relevância do número de pesquisadores para o crescimento de longo prazo, mas também que a taxa de crescimento tecnológico seja sensível à intensidade de emergências tecnológicas e ao crescimento da demanda, mostrando que a inovação depende simultaneamente de fatores de oferta e de estímulos do mercado. Dessa forma, os resultados devem fornecer insights importantes para políticas públicas de incentivo à P&D, sugerindo que o impacto dessas políticas depende não apenas do volume de investimento, mas também da capacidade do sistema econômico de absorver conhecimento e da dinâmica de demanda dos setores. Em síntese, os resultados esperados devem evidenciar que o crescimento econômico e tecnológico é um fenômeno complexo e dinâmico, determinado simultaneamente por fatores de oferta, demanda e rupturas tecnológicas. A análise deve mostrar que integrar abordagens endógenas, semi-endógenas e pós-keynesianas é ajudariam a compreender os mecanismos que impulsionam o crescimento setorial e agregado, destacando o papel das emergências tecnológicas como catalisadoras de mudanças estruturais e de trajetórias inovadoras.

## 6. Referencias Bibliográficas

CAIANI, Alessandro; GODIN, Antoine; LUCARELLI, Stefano. Innovation and finance: a stock flow consistent analysis of great surges of development. In: *The Evolution of Economic and Innovation Systems*. Cham: Springer International Publishing, 2014.

CAIANI, Alessandro et al. Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 69, p. 375-408, 2016.

CARLEY, Stephen F. et al. An indicator of technical emergence. *Scientometrics*, v. 115, n. 1, p. 35-49, 2018.

CHU, Angus C.; WANG, Xilin. Effects of R&D subsidies in a hybrid model of endogenous growth and semi-endogenous growth. *Macroeconomic Dynamics*, v. 26, n. 3, p. 813-832, 2022.

DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research policy*, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

DOSI, Giovanni. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of economic literature*, p. 1120-1171, 1988.

DOSI, Giovanni. Finance, innovation and industrial change. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 13, n. 3, p. 299-319, 1990.

FILIPPIN, Flavia. Do main paths reflect technological trajectories? Applying main path analysis to the semiconductor manufacturing industry. *Scientometrics*, v. 126, n. 8, p. 6443-6477, 2021.

JONES, Charles I.; ROMER, Paul M. The new Kaldor facts: ideas, institutions, population, and human capital. *American economic journal: macroeconomics*, v. 2, n. 1, p. 224-245, 2010.

JONES, Charles I. The past and future of economic growth: A semi-endogenous perspective. *Annual Review of Economics*, v. 14, n. 1, p. 125-152, 2022.

METCALFE, J. Stanley. *Evolutionary economics and creative destruction*. Routledge, 2002.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. *An evolutionary theory of economic change*. harvard university press, 1985.

PETERS, Michael; WALSH, Conor. Population growth and firm dynamics. National Bureau of Economic Research, 2021.

ROMER, Paul M. Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, v. 98, n. 5, Part 2, p. S71-S102, 1990.

ROMERO, João P.; BRITTO, Gustavo. Increasing returns to scale, technological catch-up and research intensity: endogenising the Verdoorn coefficient. *Cambridge Journal of Economics*, v. 41, n. 2, p. 391-412, 2017.

ROTOLO, Daniele; HICKS, Diana; MARTIN, Ben R. What is an emerging technology?. *Research policy*, v. 44, n. 10, p. 1827-1843, 2015.

SCHUMPETER, Joseph A. *Business Cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of the Capitalist process*, 1939.

SCHUMPETER, Joseph A. *Capitalism, socialism and democracy*. routledge, 1942.

TUSHMAN, Michael L.; ANDERSON, Philip. Technological discontinuities and organizational environments. In: *Organizational innovation*. Routledge, 1986..

UTTERBACK, James M. *Mastering the dynamics of innovation*. Harvard Business School Press, 1996.

VERSPAGEN, Bart. Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research. *Advances in complex systems*, v. 10, n. 01, p. 93-115, 2007.