

O PAPEL DO SETOR INDUSTRIAL COMO FORÇA MOTRIZ DO CRESCIMENTO NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0 E DA SERVICILIZAÇÃO: UMA ANÁLISE PARA O BRASIL E ECONOMIAS SELECIONADAS (2010-2018)

Elohá Cabreira Brito¹Ricardo Dathein²

Resumo:

O artigo objetiva investigar se as inovações da Indústria 4.0 alteraram o papel do setor industrial como principal motor do crescimento e desenvolvimento econômico, especialmente de seus segmentos manufatureiros (de baixo, médio e alto nível tecnológico), no contexto de difusão de novas tecnologias associadas à Indústria 4.0, que ampliam a servicilização das economias. Alguns indicadores analisados para investigar a relevância relativa desses segmentos do setor industrial são: a participação dos setores na estrutura produtiva e ocupacional dos Estados Unidos, Alemanha, China, Coreia do Sul e Brasil, e a classificação dos setores-chave para o crescimento a partir da análise dos índices de encadeamentos setoriais dessas economias. Os dados foram estimados com base na matriz insumo-produto dos países (2010 e 2018). As considerações finais apontam a continuidade da relevância do setor industrial como principal motor do crescimento econômico, especialmente a manufatura de baixo e médio nível tecnológico.

Palavras-chave: Setor industrial; setor de serviços modernos; modelos insumo-produto; setor-chave; Indústria 4.0.

THE ROLE OF THE INDUSTRIAL SECTOR AS A DRIVING FORCE OF GROWTH IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 AND SERVICITIZATION: AN ANALYSIS FOR BRAZIL AND SELECTED ECONOMIES (2010-2018)

Abstract:

The article aims to investigate whether the industry 4.0 innovations have changed the role of the industrial sector as the primary driver of economic growth and development, especially within its manufacturing segments (low, medium, and high technological level), in the context of the diffusion of new technologies associated with Industry 4.0, which increase the servitization of economies. Some indicators analyzed to assess the relative importance of these industrial sector segments include the sector's participation in the productive and occupational structure of the United States, Germany, China, South Korea, and Brazil; and the classification of key sectors for growth based on the analysis of sectoral linkage indices in these economies. Data were estimated based on the input-output matrix of these economies (2010 and 2018). The concluding remarks point to the continued relevance of the industrial sector as the primary driver of economic growth, especially in low and medium technological level manufacturing.

Keywords: Industry sector; modern service sector; key sector; input-output models; Industry 4.0.

Código JEL: O14; C67; O57.

¹ Doutora em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é pesquisadora (bolsista) do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). E-mail: eloha.cabreira@gmail.com.

² Professor pesquisador convidado do Programa de Pós-graduação de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE-UFRGS). E-mail: ricardo.dathein@ufrgs.br.

1 INTRODUÇÃO

O termo *Indústria 4.0*³, surgiu na Alemanha, na Feira Industrial de Hannover, em 2011, com base em um programa que visava ampliar a competitividade futura da indústria nacional, com foco na alta tecnologia, por meio da interação de múltiplas tecnologias substanciadas nos sistemas físico-cibernéticos, ou sistemas Ciber-Físicos e na Internet das Coisas (COSTA, 2017; RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016; BRITO, 2023; ARALIZ; NUGROHO; IBRAHIM, 2024).

Essa revolução⁴ tem por base a introdução da *internet* das coisas e dos serviços na manufatura, que leva ao desenvolvimento de fábricas inteligentes⁵. A mudança do processo produtivo com o uso de máquinas e componentes inteligentes que interagem entre si, reduzindo ou dispensando o trabalho humano em determinados processos. Embora alguns autores⁶ apontem que muito além da simples automação, as fábricas inteligentes possibilitam e dependem da cooperação entre trabalhadores e robôs, uma vez que os trabalhadores ainda são essenciais no gerenciamento e na execução de tarefas fora da capacidade e domínio das máquinas, no padrão tecnológico atual (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; RODRIGUES; JESUS; SCHÜTZER, 2016; BRITO, 2023).

A razão da revolução se deve às fábricas inteligentes e aos impactos que provocarão na organização das cadeias globais de valor, por meio da integração da *internet* das coisas e dos serviços na indústria, com o desenvolvimento de sistemas ciber-físicos, que unem os domínios físicos, digitais e tecnológicos (COSTA, 2017; IEDI, 2017).

Assim, as fábricas do futuro serão mais inteligentes, dinâmicas, flexíveis e ágeis. Essa revolução foi possibilitada pelo desenvolvimento de sensores com maior potência e menor tamanho, com preços acessíveis, pelo aprimoramento de *hardware* e *software*, e pela conexão de objetos físicos aos domínios digitais (COSTA, 2017; FREY, 2019). Além das fábricas inteligentes, as principais tecnologias da indústria 4.0 são: a internet das coisas e dos serviços, os sistemas Ciber-Físicos, Big-Data, inteligência artificial e a *Blockchain*.

Essas tecnologias possibilitam monitoramento em tempo real, otimização do uso de recursos, redução de custos e desperdícios nos processos produtivos – bem como de emissões de gases de efeito estufa ou mesmo do consumo de energia –, maior eficiência e produtividade, de forma que, se alinhados a tais objetivos, podem promover a transformação

³ Nos países de língua inglesa, como nos Estados Unidos, a indústria 4.0 é mais conhecida como Internet das Coisas, Indústria Inteligente ou Manufatura Avançada (MOURA, 2018).

⁴ Adotamos a perspectiva de diversos trabalhos que abordam a Indústria 4.0 como uma nova revolução industrial, distinta da terceira que introduziu as tecnologias da informação e comunicação, como: Kagermann *et al.* (2013); Hermann, Pentek e Otto (2016); FIRJAN (2016); Rodrigues, Jesus e Schützer (2016); Costa (2017); Thoben, Wiesner e Wuest (2017); Hallward-Driemeier e Nayyar (2018); UNCTAD (2020); Ferreira e Paula (2021). Embora não haja consenso sobre o tema, pois autores como Perez (2009, 2010, 2016) apontam que esse processo consiste em um aprofundamento da quinta revolução tecnológica (terceira revolução industrial), ou seja, vinculado a inovações relativas a Era da Informação e Telecomunicações, iniciada em 1971. Mais detalhes ver Brito (2023).

⁵ São fábricas que incorporam as tecnologias da informação e comunicação para aprimorar as operações em todos os níveis produtivos. Possuem três elementos: i) os dispositivos (como máquinas, sensores e robôs) conectados à internet (internet das coisas) cuja função é monitorar, coletar e informar os dados; ii) ao controle de processamento central (CPC) que realiza a integração destes dados e gerenciam todo o sistema; iii) já os recursos aplicam os elementos necessários à operação do sistema como operadores sem fio e CPUs, para a conexão entre os dispositivos e o processamento dos dados (JEONG *et al.*, 2018).

⁶ Como é o caso de Thoben, Wiesner e Wuest (2017).

de setores industriais em ambientalmente, socialmente e economicamente sustentáveis (MARTÍN-GÓMEZ; AGOTE-GARRIDO; LAMA-RUIZ, 2024).

A difusão dessas tecnologias e seus impactos sobre o processo de produção e distribuição dos bens e serviços originam uma nova revolução industrial, na qual os serviços, adquirem maior relevância para o crescimento econômico, devido a internacionalização dos serviços industriais e servicilização⁷ das atividades manufatureiras. Embora muitas tecnologias ainda não estejam consolidadas, com a total adesão de empresas não digitais (como a produção manufatureira) a essas tecnologias ainda em fases iniciais, o aumento das tecnologias digitais ampliou a comercialização de serviços, a participação de intangíveis nas cadeias globais de valor e das firmas de tecnologia digital nas últimas décadas (UNCTAD, 2020). Portanto, em razão de suas inovações, a Indústria 4.0 (ou Quarta Revolução Industrial) possivelmente ampliará a relevância do setor de serviços (especialmente dos segmentos da tecnologia da informação e comunicação) na indução do processo de crescimento econômico.

Nesse contexto, o debate associado a literatura estruturalista, sobre a importância da estrutura produtiva, especialmente do setor industrial e da inovação tecnológica,⁸ para o crescimento econômico, é resgatado por críticos da abordagem da indústria como motor do crescimento. Esses apontam que o progresso técnico levou a um processo de mudança de tal motor, que consolidaria um novo setor (os serviços modernos) como força motriz dos processos de crescimento e desenvolvimento econômico.

Este artigo objetiva estudar se o setor industrial, especialmente seus segmentos manufatureiros (de baixo, médio e alto nível tecnológico), continuam relevantes para o crescimento econômico. Essa análise será realizada à luz dos índices de encadeamentos dos setores, que possibilitam a identificação dos setores-chave dos países, bem como pela participação dos setores na estrutura produtiva e ocupacional entre 2010 e 2018⁹.

O escopo do trabalho centrou-se em cinco economias, para possibilitar uma análise mais desagregada de suas estruturas produtivas e ocupacionais. São elas: i) Estados Unidos – país líder no mercado internacional; ii) China e iii) Coreia do Sul – ambas as economias de industrialização tardia com *catching up* bem-sucedido; iv) Alemanha – pioneiro na Indústria 4.0; e v) Brasil – economia de interesse.

Os objetivos específicos desse estudo são: i) identificar os setores-chave das economias selecionadas e analisar se houve mudança nesses setores em dois níveis de desagregação (18 setores e 10 agrupamentos considerando a classificação de setor moderno e o nível tecnológico do setor industrial); ii) analisar a evolução da participação desses setores na estrutura produtiva e ocupacional das economias selecionadas visando identificar se essas passaram por mudanças estruturais positivas ou negativas no período¹⁰; iii) analisar se o desempenho dessas economias no período 2010-2018 corrobora a literatura estruturalista que destaca a mudança estrutural positiva, com ampliação da participação relativa do setor

⁷ Consiste no aumento da participação dos serviços no processo produtivo e nos produtos finais da manufatura.

⁸ Essa literatura também enfatiza a relevância do papel ativo do Estado no incentivo à criação e/ou expansão dos segmentos de maior produtividade e capacidade inovativa na economia nacional. Como abordado por: List (1983); Chang (2004); Amsden (2009); Mazzucato (2014); Gerschenkron (1962); Peres e Primi (2009); Block (2008); Reinert (2016); Cano (2010); e Furtado (1983).

⁹ O período inicial antecede a feira de Feira Industrial de Hannover na Alemanha que consolidou o termo Indústria 4.0. O período final foi determinado pela disponibilidade de dados necessários para estimar as matrizes insumo-produto dos países selecionados.

¹⁰Essa análise será realizada considerando a participação relativas dessas economias no PIB e no valor adicionado pelo setor manufatureiro (VAM) mundial.

manufatureiro, como motor do crescimento econômico.

A principal hipótese da presente pesquisa é que, apesar da crescente relevância de alguns segmentos do setor de serviços desde a Terceira Revolução Industrial, o setor industrial continua sendo a principal força motriz do crescimento econômico. Como aponta a literatura estruturalista a participação relativa e a expansão da indústria, especialmente da manufatura moderna, nas estruturas produtiva e ocupacional está associada a um melhor desempenho econômico. Ademais entende-se que, na ausência de um setor industrial (especialmente do manufatureiro) moderno e consolidado, dificilmente a economia brasileira conseguirá ampliar o setor de serviços modernos associados à Quarta Revolução Industrial. Isso porque esses serviços normalmente são demandados pelo setor industrial, como indica o processo de servicilização das atividades manufatureiras.

Isto posto, o artigo está organizado em cinco seções incluindo esta introdução e considerações finais. A segunda seção aborda uma revisão da literatura que destaca a estrutura produtiva como um relevante determinante dos processos de crescimento e desenvolvimento econômico e as implicações do progresso técnico sobre o setor motor desses processos. A terceira seção apresenta a metodologia e base de dados da análise, abordando brevemente os conceitos de índices de encadeamento e setor-chave. A quarta seção discute os resultados da investigação empírica, ao vislumbrar a estrutura produtiva dos países através dos índices de encadeamento, setores-chave e participação na estrutura produtiva e ocupacional ao nível de 18 setores, que possibilitam a observação das similaridades e diferenças entre os países. Essa seção também analisa a estrutura produtiva e ocupacional desses países desagregando a indústria moderna para análise dos segmentos manufatureiros conforme nível tecnológico, e desagregando os serviços modernos para análise do segmento associado à Indústria 4.0 (destacadamente os serviços de informação e comunicação).

2 A ESTRUTURA PRODUTIVA NA DETERMINAÇÃO DAS TRAJETÓRIAS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO

A obra seminal sobre o papel da manufatura no processo de crescimento remonta a 1966, quando o neokeynesiano Nicholas Kaldor, a partir de sua análise empírica, encontrou fatos estilizados que indicam a relevância da manufatura para o crescimento (KALDOR, 1989; THIRLWALL, 1983; BLECKER; SETTERFIELD, 2019). A relevância do setor manufatureiro para o crescimento econômico decorre: i) do maior nível e taxa de crescimento da produtividade desse setor em relação aos demais, bem como de sua maior intensidade de capital proporcionar melhores oportunidades de investimento, que contribui para o aumento da produtividade; ii) do maior potencial inovativo, progresso técnico e economias de escala; iii) do maior efeito de encadeamento para frente e para trás da cadeia produtiva,¹¹ além do elevado potencial de geração de externalidades positivas e do efeito de transbordamento (*spillover*) na produção; iv) da maior elasticidade renda da demanda e da menor volatilidade dos termos de troca dos produtos industriais (BLECKER; SETTERFIELD, 2019).

É importante sublinhar que as leis de Kaldor são válidas tanto na direção do crescimento, quanto para a redução desse, ou seja, uma redução da taxa de crescimento do setor manufatureiro impacta negativamente sobre o crescimento da economia (BRITO, 2023).

Além da literatura kaldoriana/pós-keynesiana, o estruturalismo latino-americano

¹¹Embora a divisão internacional do trabalho implique que tais encadeamentos não se restringem ao território nacional.

também enfatiza a importância do setor manufatureiro para o crescimento e desenvolvimento econômico. Nessa perspectiva, a essencialidade da industrialização para o desenvolvimento dos países periféricos e redução das heterogeneidades estruturais deve-se as características do setor industrial. Ou seja, à sua maior produtividade, progresso técnico, efeitos de encadeamento, sinergias e retornos crescentes (RODRIGUEZ, 2009; GALA; ROCHA; MAGACHO, 2018).

Um expoente desta corrente, Celso Furtado (1983), aponta que além da redução da dependência, o desenvolvimento está associado ao crescimento da participação não somente do setor avançado (capitalista), de modo geral, mas da parcela desse setor, especialmente o setor manufatureiro, que emprega técnicas produtivas modernas, uma vez que os setores avançados podem empregar técnicas tradicionais. O autor ainda enfatiza a intrínseca relação entre o processo de desenvolvimento econômico e o processo de industrialização, destacando a importância dos investimentos no setor industrial moderno.

Para a literatura neoschumpeteriana, a inovação tecnológica é a principal fonte de dinamismo econômico, ressaltando a relevância da manufatura (e de alguns segmentos do setor de serviços) para o crescimento. Destaca-se que recentemente sugeriram mais estudos sobre o setor de serviços na abordagem que estuda os padrões tecnológicos e de inovação (CASTELLACCI, 2008).

Em síntese, essas literaturas destacam os diferentes potenciais de crescimento dos setores, ressaltando a manufatura como setor impulsionador do crescimento econômico. Entretanto, o papel dos setores na dinâmica econômica pode mudar ao longo do tempo e das circunstâncias, como evidencia o aumento da importância relativa do setor de serviços em países de renda elevada, o que acendeu o debate sobre o papel do setor manufatureiro como motor do crescimento econômico.

A relevância do setor industrial, em particular o manufatureiro, como motor do crescimento econômico passou a ser questionada a partir da terceira revolução industrial. Essa revolução é caracterizada pela ascensão de algumas atividades do setor de serviços, notadamente os serviços de tecnologia da informação e comunicação, com maior produtividade e dinamismo do que a literatura até então atribuía a tal setor (como apontado pela doença de Baumol). Atualmente, com a difusão de novas tecnologias associadas à Indústria 4.0, novamente a questão da relevância do setor industrial *versus* serviços modernos (que não abrangem serviços com reduzida produtividade e dinamismo) aparece no debate econômico.

Os críticos da abordagem da manufatura como motor do crescimento apontam que os serviços modernos (como *software*, serviços financeiros ou logísticos) apresentam características semelhante a manufatura e, portanto, podem impulsionar o crescimento tanto quanto tal setor (RODRIK, 2014; FOSTER-McGREGOR; KABA; SZIRMAI, 2015; SZIRMAI; FOSTER-McGREGOR, 2017; SZIRMAI, 2012, 2013). Ademais, como aponta Rodrik (2014), o progresso técnico também reduz a contribuição do setor industrial sobre o crescimento nacional, pois: i) aumenta a intensidade de capital e o requerimento de mão de obra especializada, reduzindo a capacidade do setor industrial de absorver mão de obra ociosa ou subocupada em setores de menor produtividade; ii) possibilita a distribuição da produção em cadeias globais de valores, desvinculando o setor industrial da economia nacional, reduzindo os encadeamentos locais entre atividades e setores.

Já os argumentos da essencialidade do setor industrial, apontam as evidências históricas, as sinergias entre setores industriais e serviços modernos, destacando o papel

complementar do último setor para o crescimento e desenvolvimento (CASTELLACCI, 2008; SZIRMAI, 2012, 2013; HALLWARD-DRIEMEIER; NAYYAR, 2018; CHANG, 2013). Nessa perspectiva Szirmai (2012, 2013), destaca a ausência de evidências para fundamentar a substituição (ou complementação) do setor manufatureiro como motor do crescimento pelo setor de serviços. Todavia, segundo o autor, em virtude da expansão da participação do setor de serviços nas economias avançadas (em média, encontra-se acima de 70%), o aumento da produtividade e do progresso técnico nesse setor têm importantes impactos sobre o desempenho das economias. O que não implica redução da relevância a manufatura, esse setor continua um importante indutor do crescimento e para o processo de convergência (*catching up*) dos países em desenvolvimento, como aponta a evidência histórica (SZIRMAI, 2012, 2013).¹²

Outro argumento a favor da relevância do setor industrial para o crescimento baseia-se na lei de Thirlwall e nas teorias da complexidade. Ambas as abordagens fundamentam suas conclusões na estrutura importadora e exportadora dos países. Nessa perspectiva, apesar da elevada participação do setor de serviços no PIB das economias, em termos das exportações, esse setor apresenta reduzida participação. Cerca de 70% do comércio internacional continua sendo composto por produtos industriais (WTO, 2023). Portanto, se o comércio internacional é tão importante para determinar o desempenho das economias, como argumenta a lei de Thirlwall e a teoria da complexidade, esse segmento continua sendo um relevante indutor do crescimento econômico (THIRLWALL, 1979; HIDALGO *et al.* 2007; HIDALGO; HAUSMANN, 2009).

Ademais, mesmo ante a maior importância do setor de serviços de mercado como fonte adicional de crescimento, dificilmente as economias menos desenvolvidas serão capazes de sustentar o crescimento através do setor primário, construção ou serviços de mercado (SZIRMAI, 2012, 2013). Isso porque, como mostra Rocha, Tatsch e Cário (2019), o próprio desenvolvimento do setor de serviços modernos na estrutura produtiva dos países está associado a existência de um setor industrial moderno que demande tais serviços em seu processo produtivo. Essa associação também se intensifica com a crescente tendência a servicilização da manufatura, decorrente das inovações tecnológicas da Indústria 4.0.¹³

Ressalta-se que o crescimento da participação do setor de serviços no PIB ou valor adicionado das economias e a tendência a servicilização da manufatura também devem ser observadas sob certas considerações: i) os países de alta renda ainda são os principais produtores de manufaturados em nível mundial; ii) o crescimento da participação do setor de serviços no PIB, e redução da manufatura, é relativo, o valor adicionado por ambos os setores apresentam crescimento em termos absolutos, mas este fora mais acelerado no setor de serviços; iii) algumas atividades foram reclassificadas como serviços (em vez de atividades manufatureiras ou agrícolas), devido ao processo de terceirização, essa reclassificação ajuda a explicar parcela do crescimento do setor de serviços e da redução do setor manufatureiro.

¹²De acordo com o autor, a evidência histórica, é o principal fundamento da tese de motor do crescimento, pois os casos bem-sucedidos de desenvolvimento estão associados à industrialização. Esse ponto é ressaltado por diversos autores de diferentes correntes do pensamento econômico desde Smith (1776) e sua ênfase sobre a elevada produtividade na manufatura, passando por List (1841) com a importância de proteção à indústria nascente, até autores contemporâneos, como Chang (2004, 2013), Peres e Primi (2009), Amsden (2009), Cano (2010) e McMillan e Rodrick (2011), para citar apenas alguns.

¹³Mais detalhes sobre as tecnologias da Indústria 4.0 ver: Kagermann *et al.* (2013); Hermann, Pentek e Otto (2016); FIRJAN (2016), Rodrigues *et al.* (2016); Costa (2017); Thoben, Wiesner e Wuest (2017); Brito (2023); Cordeiro, Reis e Fernandes (2023); Martín-Gómez, Agote-Garrido e Lama-Ruiz (2024).

Além disso, cabe ressaltar que a crescente importância dos serviços não está desvinculada do setor manufatureiro, mas incorporada às necessidades de produção desse setor ou de consumo de seus produtos (HALLWARD-DRIEMEIER; NAYYAR, 2018; CHANG, 2013).

Resultados que apontam a complementariedade entre setor industrial e serviços modernos (também classificados como dinâmicos ou de mercado), foi encontrado por diversos trabalhos, muitos apoiados na análise no padrão de mudança estrutural das economias, no crescimento da produtividade dentro dos setores e entre setores, na relação entre crescimento e participação dos setores, como Timmer e Vries (2009), Dasgupta e Singh (2007), Felipe *et al.* (2009), Meglio *et al.* (2015). Estes trabalhos sugerem uma mudança no papel do setor de serviços (destacadamente os serviços intermediários e modernos) para o crescimento econômico, ressaltando a relevância desse setor como um motor auxiliar ao setor manufatureiro.

Mais recentemente, Giovanini (2018) testou empiricamente se, com a difusão das novas tecnologias da informação e comunicação, o setor de serviços intermediários teria adquirido um papel mais relevante como força motriz do crescimento e desenvolvimento dos países, ou seja, se as leis de Kaldor seriam válidas não somente para o setor industrial, mas para o setor de serviços intermediários. Sua conclusão é de que esse setor de serviços intermediários ainda não tem o mesmo papel que o setor industrial para o crescimento, ou seja, não foi possível aceitar a hipótese que os serviços intermediários apresentassem as mesmas características que as leis de Kaldor exprimem sobre o setor industrial.

Tais trabalhos, que fizeram importantes contribuições para a análise da evolução do motor do crescimento econômico, embora mais abrangente em termos de países analisados, em virtude da disponibilidade de dados centram-se em períodos anteriores aos primeiros programas de incentivo à Indústria 4.0 (2011). As próximas seções analisam dados empíricos de cinco economias selecionadas entre 2010 e 2018, sob diferente perspectiva metodológica, pois além da participação dos setores na estrutura produtiva e ocupacional, serão estimados os índices de encadeamento,¹⁴ base para a classificação dos setores-chaves¹⁵ para o crescimento econômico.

3 METODOLOGIA E BANCO DE DADOS

Como destacado pela literatura estruturalista e kaldoriana, apresentadas na seção 2, os maiores encadeamentos do setor industrial contribuem para explicar seu papel como motor do crescimento econômico e acelerador do investimento (HIRSCHMAN, 2013; RODRIGUEZ, 2009; GALA; ROCHA; MAGACHO, 2018; BLECKER; SETTERFIELD, 2019). A análise dos encadeamentos é realizada através da estimação de índices de encadeamentos para trás e para frente da cadeia produtiva.

O índice de encadeamentos (ou ligação) para trás mostra o quanto um setor demanda dos demais setores da economia, isto é, indica o impacto do aumento unitário da demanda final de dado setor sobre a economia, em virtude da expansão de sua demanda por insumos (crescimento unitário da demanda final da produção do setor “i” amplia a demanda dos seus

¹⁴Como já ressaltado pela literatura kaldoriana e estruturalista, uma das razões para a indústria dinamizar o crescimento e desenvolvimento dos países são seus maiores encadeamentos produtivos.

¹⁵A relevância dos setores-chave associa-se a perspectiva de Hirschman (2013) sobre o potencial de investimentos em projetos ou indústrias com elevados efeitos de encadeamento para trás e para frente de acelerar o desenvolvimento.

fornecedores) (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010; GUILHOTO, 2011; SOUZA, 2007). “Se este índice for superior à unidade, uma variação na demanda final do setor gera uma compra de insumos acima da média na economia, o que releva fortes encadeamentos para trás no sistema produtivo.” (NASSIF; TEIXEIRA; ROCHA, 2015, p. 363).

O índice de encadeamentos para frente indica o quanto os demais setores da economia demandam de dado setor, ou seja, revela o impacto total sobre dado setor do aumento unitário da demanda final de todos os setores da economia, em virtude da expansão da venda de insumos deste setor aos demais (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010; GUILHOTO, 2011; SOUZA, 2007). “Se for maior que a unidade, o índice mostra que, diante de uma variação na demanda final de todas as atividades econômicas, a produção do setor aumenta acima da média na economia.” (NASSIF; TEIXEIRA; ROCHA, 2015, p. 364). Segundo os autores, a sensibilidade de dispersão acima da unidade indica que o setor é fortemente dependente da produção dos demais setores.

Estes índices de encadeamento são estimados a partir da matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos (Matriz de Leontief L). Embora a OECD (2022a) disponibilize a Matriz de Leontief (total e doméstica) para diversos países ao nível de 45 setores, como este trabalho adota um menor nível de desagregação foi preciso estimar tal matriz pelo modelo insumo-produto.

Essa matriz foi estimada ao nível de 18 setores, para uma análise mais desagregada das economias, e ao nível de 10 setores, para uma visão geral das principais diferenças entre os setores modernos (indústria e serviços) e não modernos (agropecuária e demais serviços). O Quadro 1 apresenta os agrupamentos setoriais utilizados para essas estimações, detalhando os segmentos que fazem parte do setor moderno e os que fazem parte do setor manufatureiro por nível tecnológico.

A classificação setorial em moderno e não moderno se baseou na adotada por trabalhos como Lavopa e Szirmai (2014, 2018) e Foster-McGregor, Kaba e Szirmai (2015),¹⁶ e a desagregação do setor manufatureiro moderno com base no nível tecnológico da atividade foi elaborada com base na classificação de Lall (2000).

Assim, adotou-se as desagregações apresentadas no Quadro 1 para investigar se houve perda de relevância do setor industrial, especialmente dos segmentos manufatureiros, para o crescimento econômico (mudança nos setores-chave¹⁷) do Brasil (BR), Alemanha (DE), China (CH), Coreia do Sul (KO) e Estados Unidos (US).

¹⁶Neste trabalho não incluiu as atividades administrativas e serviços complementares no setor moderno, somente as atividades profissionais, científicas e técnicas foram classificadas como serviços empresariais modernos.

¹⁷Os setores que apresentam tanto o índice de ligação para frente, quanto o para trás acima de 1 são classificados como setores-chave para o crescimento da economia (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010; GUILHOTO, 2011).

Quadro 1: Agrupamentos setoriais para análise da estrutura produtiva e ocupacional dos países selecionados

SETOR MODERNO	
Outras Indústrias Modernas	Manufatura de médio nível tecnológico
Indústria extrativa	Fab. químicos org. e inorgânicos, resinas e elastômeros, defensivos, desinfetantes, tintas e químicos diversos
Indústria de utilidades (eletricidade, gás e água)	Fab. produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene
Indústria da construção civil	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
Manufatura baseada em recursos naturais e de baixo nível tecnológico	Prod. de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos sem costura e metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais
Fabricação de alimentos, bebidas e produtos do fumo	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
Fabricação de produtos têxteis	Fab. automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
Confeção de artefatos do vestuário e acessórios	Fab. peças e acessórios para veículos automotores
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	Fab. outros equip. de transporte, exceto veículos
Fabricação de produtos da madeira	Manufatura de alto nível tecnológico
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Fab. equip. de informática, produtos eletrônicos e ópticos
Impressão e reprodução de gravações	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
Refino de petróleo e coquerias e fab. biocombustível	Serviços Modernos
Fab. produtos de borracha e de material plástico	Transporte e armazenamento
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	Informação e comunicação
Fab. móveis e de produtos de indústrias diversas	Intermediação financeira, seguros e prev. complementar
Manut., reparação e inst. de máq. e equipamentos	Atividades profissionais, científicas e técnicas
SETORES NÃO MODERNOS	
Setor Agropecuário	
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aqüicultura inclusive atividades de apoio	
Setor Outros Serviços	
Comércio por atacado e varejo	Administração pública, defesa e seguridade social
Alojamento e alimentação	Educação, saúde humana e proteção social
Atividades imobiliárias	Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
Atividades administrativas e serviços complementares	Org. associativas e outros serv. pessoais, inclusive domésticos

Fonte: Elaboração própria com base nas definições de Lavopa e Szirmai (2014, 2018), Foster-McGregor, Kaba e Szirmai (2015) e Lall (2000).

Notas: (1) Para a análise ao nível de 18 setores, utilizou-se os segmentos do Quadro 1, agregando somente os segmentos manufatureiros sob a denominação de “indústria de transformação” ou “manufatura”. Ademais desagregou-se o segmento “educação, saúde humana e proteção social”, em: “educação” e “saúde humana e proteção social” (2). Para a análise ao nível de 10 setores, utilizou-se os agrupamentos “outras indústrias”, “outros serviços”, “manufatura baseada em recursos naturais e de baixo nível tecnológico”, “manufatura de médio nível tecnológico” e “manufatura de alto nível tecnológico”, e os demais segmentos do Quadro 1.

Além das razões já abordadas para a seleção dessas economias – Brasil (economia de interesse), Alemanha (pioneira na Indústria 4.0), China e Coreia do Sul (ambas economias de industrialização tardia que foram bem-sucedidas em internalizar a produção de conhecimento e tecnologia¹⁸) e Estados Unidos (economia líder) –, em 2018, essas produziram 54,87% do valor adicionado pelo setor manufatureiro mundial (UN, 2023).

Utilizando os dados das Tabelas de insumo-produto (domésticas) e de emprego por atividade das economias selecionadas, disponibilizadas pela OECD (2022a, 2022b), exceto para o caso Brasileiro, cujos dados do emprego setorial foram obtidos nas tabelas de usos e recursos do IBGE (2021), foi estimada a participação setorial na estrutura produtiva (e ocupacional) com base na contribuição dos setores para o valor adicionado (emprego) da

¹⁸Para mais detalhes ver Amsden (2009).

economia, bem como a matriz de coeficientes técnicos diretos de produção (Matriz A) cujos elementos foram obtidos pela equação 1¹⁹, para os períodos 2010²⁰ e 2018²¹:

$$a_{ij} = g_{ij}/g_j \quad (1)$$

Onde: i) a_{ij} é o coeficiente técnico, ou seja, indica a proporção de insumos produzidos pelo setor “i” que são consumidos pelo setor “j” para produzir uma unidade de seu produto final; ii) g_{ij} é o consumo (intermediário) do setor “j”, dos insumos produzidos pelo setor “i”; iii) g_j é a produção doméstica total do setor “j”.

Partindo da hipótese de que os fluxos por unidade de produto final não variam, a produção total de cada atividade pode ser representada pela equação 2 (equação básica do modelo insumo-produto):

$$g_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} g_j + f_i \quad (2)$$

Onde: i) g_i é a produção doméstica total do setor “i”; ii) f_i é a produção do setor “i” destinada a demanda final (composta por consumo das famílias, consumo do governo, investimento e exportações).

A representação matricial da equação 2 é expressa na equação 3:

$$g = Ag + f \quad (3)$$

Esta pode ser rearranjada para obter a produção total necessária para a demanda final, como mostra a equação 4:

$$g = (I - A)^{-1} f \quad (4)$$

Onde: i) I é uma matriz identidade; ii) $(I-A)^{-1}$ é a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos, ou seja, a Matriz de Leontief (Matriz L).

A matriz de Leontief é a base para estimação dos índices de Rasmussen-Hirschman, que indicam os setores com maiores encadeamentos para frente (*forward linkage* ou sensibilidade da dispersão), conforme equação 5 que apresenta este índice do setor “i” (U_i), e para trás (*backward linkage* ou poder da dispersão) na economia, expressa na equação 6 para o setor “j” (U_j), essenciais para a determinação dos setores-chave (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010).

$$U_i = [L_{i*} / n] / L^* \quad (5)$$

$$U_j = [L_{*j} / n] / L^* \quad (6)$$

Onde: i) L^* a média de todos os elementos da Matriz L; ii) L_{*j} a soma dos elementos de uma coluna; iii) L_{i*} a soma dos elementos de uma linha; e iv) n o número de setores da economia.

Quando os índices de encadeamento para a frente e para trás de dado setor são superiores à unidade, indicam que estes encadeamentos são acima da média da economia e o crescimento de tal setor tem maior potencial de dinamizar os demais, por isso é classificado como setor-chave, para o crescimento econômico (GUILHOTO; SESSO FILHO, 2010). Destaca-se, que esses índices são sensíveis ao nível de agregação dos dados.

Outras limitações dos modelos insumo-produto – e, conseqüentemente, dos índices de encadeamento – que podem influenciar os resultados da análise são os pressupostos simplificadores do modelo, como a homogeneidade dos produtos, os coeficientes técnicos que são supostos fixos e os retornos de escala que são supostos constantes. Essas limitações levam o modelo a não representar adequadamente a complexidade e dinamismo das economias. Ao

¹⁹Para mais detalhes sobre o modelo de insumo-produto consultar Guilhoto (2011) e IBGE (2018).

²⁰Ano que antecede o lançamento do programa alemão da Indústria 4.0.

²¹Último período com dados disponíveis para todos os países analisados.

não captar as mudanças nas relações de produção intrasetoriais, os modelos são utilizados para análises de curto prazo (estática comparativa). Ademais, tais modelos podem utilizar elevado nível de agregação de setores ocultando diferenças expressivas entre eles. Esse problema é intensificado quando a pesquisa aborda diferentes países que possuem níveis tecnológicos distintos, como no caso da presente pesquisa (GUILHOTO, 2011).

Essas limitações evidenciam a importância de uma análise cautelosa dos resultados dos modelos. Mas apesar dessas limitações, o modelo insumo-produto apresenta um retrato da interdependência dos setores e do funcionamento das economias, sendo um importante e amplamente usado instrumento para os formuladores de políticas analisarem o impacto de crescimento de dado setor nos demais setores e no agregado, identificando setores-chave para o crescimento econômico (GUILHOTO, 2011).

A próxima seção apresenta os dados da estrutura ocupacional e produtiva (participação no emprego e no PIB, índices de ligação para frente e para trás da cadeia produtiva de setores selecionados, bem como os setores-chave) das economias: brasileira, chinesa, alemã, sul-coreana e dos Estados Unidos nos anos de 2010 e 2018, visando analisar as diferenças entre tais nações e identificar se houve mudança no motor do crescimento desses países no período.

4 O SETOR MOTOR DO CRESCIMENTO: EVIDÊNCIAS DA ESTRUTURA PRODUTIVA E OCUPACIONAL DOS PAÍSES SELECIONADOS (2010-2018)

A Tabela 1 apresenta os índices de ligação para trás e para frente da cadeia produtiva, os setores-chave, a participação na estrutura produtiva e ocupacional de 18 setores das economias selecionadas no período 2010 e 2018. Sua observação evidencia que somente a indústria de transformação apresentou as características de setor-chave (índices de encadeamento acima de 1) em todas as economias analisadas no período de estudo. Ou seja, somente esse setor possui encadeamentos superior à média tanto a montante quanto a jusante na cadeia produtiva. Consequentemente, sua expansão tem maior potencial para alavancar os demais setores, corroborando com a literatura que aponta a indústria manufatureira como motor do crescimento econômico. No período de análise nenhuma atividade do setor de serviços apresentou as mesmas características para todas as economias da amostra, embora algumas economias apresentem entre seus setores-chave atividades do setor de serviços.

A participação na estrutura produtiva da indústria de transformação difere significativamente nos países de análise, com Estados Unidos e Brasil com menores participações (cerca de 11% em 2018,²² o que corresponde à metade da participação do terceiro país da amostra com menor participação, Alemanha, e próximo a 1/3 dos demais), enquanto a China apresenta a maior (27,84% em 2018). Destaca-se que somente na Alemanha a indústria de transformação ampliou sua participação no PIB em tal período. Quanto a participação na estrutura ocupacional, o país com maior alocação de mão de obra na indústria de transformação é a Alemanha (17,54% em 2018). Contudo, como os demais países analisados, entre 2010 e 2018 houve redução do emprego nesse setor, o que pode indicar uma mudança estrutural negativa caso essa mão de obra tenha se deslocado para setores de menor produtividade (Tabela 1).

²²Essa reduzida participação do setor manufatureiro no PIB dos EUA, semelhante à do Brasil, deve ser analisada considerando que, em 2018, o PIB dos EUA foi aproximadamente 10 vezes maior que o PIB brasileiro. No mesmo período, o valor adicionado pela manufatura dos EUA foi cerca de 12 vezes ao do Brasil (UN, 2023). Mais detalhes ver Figura 1.

Tabela 1: Índices de encadeamento, setor-chave e participação na estrutura produtiva e ocupacional das economias selecionadas ao nível de 18 setores (2010-2018)

País	Setor	2010				2018				Δ 2010-2018 (em p.p.)	
		Uj	Ui	PEP	PEO	Uj	Ui	PEP	PEO	PEP	PEO
BR	Agropecuária	1,00	0,88	4,84	15,78	1,04	0,90	5,47	12,82	0,63	-2,96
	Manufatura	1,31	2,58	14,97	11,83	1,33	2,48	11,56	10,47	-3,41	-1,36
	Utilidades	1,09	1,08	2,81	0,71	1,10	1,15	3,00	0,69	0,19	-0,02
	Construção	1,16	0,81	6,27	8,00	1,16	0,78	4,08	7,30	-2,19	-0,70
	Comércio	0,94	1,28	12,60	18,15	0,93	1,26	12,81	18,46	0,21	0,31
	Transporte	1,11	1,06	4,29	4,27	1,13	1,14	4,41	4,79	0,12	0,52
	Informação	1,06	1,12	3,83	1,17	1,02	1,00	3,46	1,25	-0,37	0,08
	Financeiro	0,96	1,14	6,80	1,10	0,94	1,13	6,97	1,19	0,17	0,09
	Profissionais	1,00	1,17	3,85	2,49	0,92	1,20	4,55	3,00	0,70	0,51
CH	Agropecuária	0,95	1,10	9,71	-	1,14	1,17	7,35	-	-2,36	-
	Manufatura	1,29	5,29	31,94	-	1,36	4,83	27,84	-	-4,10	-
	Utilidades	1,24	1,14	3,19	-	1,18	1,02	3,01	-	-0,18	-
	Construção	1,31	0,55	6,68	-	1,36	0,53	7,12	-	0,44	-
	Comércio	0,77	0,89	8,80	-	0,86	1,03	9,67	-	0,87	-
	Transporte	1,02	0,91	4,60	-	1,11	1,00	4,39	-	-0,21	-
	Informação	1,19	0,67	2,19	-	0,94	0,70	3,13	-	0,94	-
	Financeiro	0,62	0,91	6,31	-	0,64	0,98	7,68	-	1,37	-
	Profissionais	1,22	0,74	1,40	-	1,12	0,75	2,19	-	0,79	-
DE	Agropecuária	1,07	0,70	0,89	1,57	1,08	0,70	0,74	1,38	-0,15	-0,19
	Manufatura	1,10	1,96	21,89	17,39	1,09	1,78	22,27	17,54	0,38	0,15
	Utilidades	1,08	1,11	3,40	1,21	1,11	1,10	3,05	1,24	-0,35	0,03
	Construção	1,09	0,94	4,33	5,66	1,08	1,01	4,90	5,71	0,57	0,05
	Comércio	1,01	1,09	9,84	14,17	1,01	1,09	9,95	13,58	0,11	-0,59
	Transporte	1,14	1,15	4,59	4,83	1,18	1,20	4,45	5,30	-0,14	0,47
	Informação	1,07	1,18	4,32	2,82	1,04	1,26	4,81	3,01	0,49	0,19
	Financeiro	1,09	1,21	4,99	2,96	1,12	1,15	3,83	2,52	-1,16	-0,44
	Profissionais	1,00	1,29	6,15	5,94	1,01	1,28	6,42	6,64	0,27	0,70
KO	Agropecuária	1,03	0,77	2,32	6,64	1,00	0,74	1,91	5,01	-0,41	-1,63
	Manufatura	1,20	3,60	29,68	17,08	1,15	3,49	29,12	16,84	-0,56	-0,24
	Utilidades	0,88	1,05	2,10	0,61	0,98	1,09	2,02	0,73	-0,08	0,12
	Construção	1,18	0,65	5,22	7,40	1,12	0,65	5,95	7,60	0,73	0,20
	Comércio	0,95	1,09	8,58	15,11	1,01	1,19	7,86	13,90	-0,72	-1,21
	Transporte	1,16	1,22	3,79	5,39	1,08	1,06	3,34	5,25	-0,45	-0,14
	Informação	1,01	1,06	4,78	2,81	0,98	1,06	4,58	3,13	-0,20	0,32
	Financeiro	0,95	1,14	6,58	3,43	0,92	1,13	6,00	3,14	-0,58	-0,29
	Profissionais	1,03	1,07	5,64	3,71	1,02	1,14	6,16	4,09	0,52	0,38
US	Agropecuária	1,20	0,82	1,08	1,57	1,20	0,82	0,96	1,54	-0,12	-0,03
	Manufatura	1,16	2,02	12,35	9,99	1,14	1,87	11,62	9,88	-0,73	-0,11
	Utilidades	0,98	0,83	2,04	1,22	0,96	0,78	1,76	1,16	-0,28	-0,06
	Construção	1,05	0,74	3,62	6,42	1,03	0,72	4,26	7,08	0,64	0,66
	Comércio	0,98	1,28	10,24	14,91	1,02	1,33	9,89	13,81	-0,35	-1,10
	Transporte	1,08	1,04	3,21	4,16	1,07	1,03	3,38	4,56	0,17	0,40
	Informação	0,98	1,14	6,36	3,58	0,97	1,17	6,85	3,96	0,49	0,38
	Financeiro	1,08	1,40	6,80	4,67	1,06	1,47	8,00	4,67	1,20	0,00
	Profissionais	0,94	1,53	7,69	5,15	0,94	1,53	7,89	5,69	0,20	0,54

Fonte: Elaboração própria com base nos dados OECD (2022a, 2022b) e IBGE (2021).

Legenda: Uj - Índice de encadeamento (ou ligação) para trás; Ui - índice de encadeamento para frente; PEP - Participação na estrutura produtiva; PEO - Participação na estrutura ocupacional.

Notas: (1) Os dados foram estimados ao nível de 18 setores, mas para melhor visualização a Tabela apresenta os indicadores somente dos setores classificados como setor-chave em, pelo menos, uma das economias da amostra no período de análise. Na tabela somente a agropecuária e os serviços comerciais são atividades não modernas. (2) Os setores-chave estão com os índices de ligação destacados em negrito. (3) Não há disponibilidade de dados do emprego setorial da economia chinesa.

Analisando comparativamente os países, ainda segundo dados da Tabela 1, nota-se que o Brasil apresentou em 2010, além da indústria de transformação, outros quatro setores-

chave, dos quais somente o setor de serviços profissionais, científicos e técnicos, não se manteve como setor-chave em 2018. Ano em que os setores-chave da economia brasileira produziam 22,43% do valor adicionado da economia (participação na estrutura produtiva) e empregavam 17,20% dos trabalhadores ocupados. Chama a atenção que todos os setores-chave da economia brasileira são modernos pela classificação neoschumpeteriana adotada pelo trabalho.

Diferentemente do Brasil, em 2010 a China possuía somente dois setores-chave (indústria de transformação e utilidades), mas em 2018 ampliou os setores com tais características, incluindo o setor agropecuário e os serviços de transporte e armazenamento. Esses quatro setores-chave, em 2018, geraram 42,59% do valor adicionado da economia chinesa. Entretanto, não há disponibilidades de dados sobre a alocação setorial da população ocupada da China.

Ainda segundo dados da Tabela 1, a Alemanha é o país analisado com maior quantidade de setores-chave, em 2010 foram sete e em 2018 oito. Em 2018, os setores-chave geraram 59,68% do valor adicionado da economia alemã e empregavam 55,54% da população ocupada. A Coreia do Sul apresentou os mesmos quatro setores-chave em 2010 e 2018, esses setores produziram 46,48% do valor adicionada da economia sul-coreana e empregaram 40,08% da população ocupada. Já os Estados Unidos ampliaram o número de setores-chave entre 2010 e 2018 de três, para quatro. Em 2018, esses quatro setores produziram 32,89% do valor adicionada da economia dos Estados Unidos e empregaram 32,92% da população ocupada.

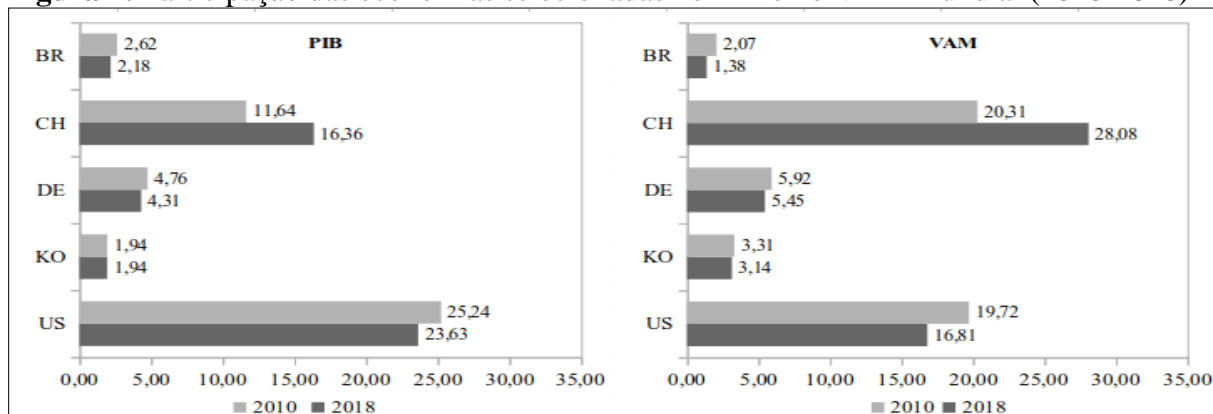
É importante enfatizar que a análise dos dados da Tabela 1 precisa ser realizada considerando as diferenças das economias analisadas quanto a sua participação no PIB mundial e na produção manufatureira mundial (valor adicionado pelo setor manufatureiro – VAM), apresentadas na Figura 1.

A Figura 1 mostra que a perda da participação do setor industrial brasileiro (processo de desindustrialização) é mais severa do que o dos demais países analisados em razão da menor participação do país na produção manufatureira mundial (VAM). Em 2018, o VAM do Brasil em relação ao mundo foi de 1,38%, o menor entre os países analisados. China e EUA apresentaram as maiores participações no valor adicionado pelo setor manufatureiro em ambos os anos analisados.

Destaca-se ainda, o expressivo crescimento da participação chinesa no PIB e VAM mundial entre 2010 e 2018. Nesse período, as demais economias perderam participação tanto no PIB quanto no VAM mundial, exceto a Coreia do Sul que manteve sua participação no PIB mundial. Essa economia, apesar da reduzida participação no PIB mundial, apresentou, em 2018, o dobro da participação brasileira no VAM mundial.

A análise comparativa da participação dos setores-chave nas estruturas produtiva e ocupacional (bem como, das participações relativas no PIB e VAM mundial), revelam a distância da economia brasileira dos demais países estudados. Essa distância pode ser um dos fatores explicativos do seu menor desempenho em termos de crescimento econômico.²³

²³Ressalta-se, entretanto, que o crescimento é determinado tanto por fatores estruturais (com ênfase na abordagem estruturalista, adotada neste trabalho) quanto por fatores conjunturais (fora do escopo dessa análise).

Figura 1: Participação das economias selecionadas no PIB e no VAM mundial (2010-2018)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados UN (2023).

Conforme dados da Tabela 2, no período de análise, a economia brasileira não só apresentou o menor crescimento médio e mediano²⁴ da amostra estudada, como foi o mais volátil (mensurado pelo desvio padrão e/ou pela variância), o que sugere uma reduzida capacidade de manter uma trajetória de crescimento sustentado da economia. Esse quadro contrasta com os demais países analisados, que apresentam maior participação dos setores modernos na estrutura produtiva e ocupacional de suas economias.

Tabela 2: Taxa de crescimento do PIB anual (em %) dos países selecionados (2010-2018)

Período	Brasil	China	Alemanha	Coreia do Sul	EUA	Mundo
2010	7,53	10,64	4,18	6,80	2,56	4,49
2011	3,97	9,55	3,93	3,69	1,55	3,34
2012	1,92	7,86	0,42	2,40	2,25	2,67
2013	3,00	7,77	0,44	3,16	1,84	2,84
2014	0,50	7,43	2,21	3,20	2,53	3,12
2015	-3,55	7,04	1,49	2,81	3,08	3,17
2016	-3,28	6,85	2,23	2,95	1,71	2,83
2017	1,32	6,95	2,68	3,16	2,33	3,39
2018	1,78	6,75	1,09	2,91	3,00	3,27
Média	1,47	7,87	2,07	3,45	2,32	3,24
Mediana	1,78	7,43	2,21	3,16	2,33	3,17
Desvio padrão	3,43	1,35	1,37	1,30	0,54	0,53
Variância	11,78	1,81	1,88	1,70	0,29	0,28

Fonte: Elaboração própria com base nos dados WORLD BANK (2022).

A Tabela 3 apresenta os mesmos indicadores da Tabela 1, mas a um maior nível de agregação dos dados (em dez setores), distinguindo entre setores modernos (indústria e serviços) e não modernos (agropecuária e outros serviços). Sua análise evidencia a relevância da manufatura de baixo e médio nível tecnológico para o crescimento e desenvolvimento, uma vez que esses segmentos manufatureiros apresentaram as características de setor-chave em quase todas as economias estudadas em 2010 e 2018 (exceto Alemanha e EUA, em 2018). A manufatura de alto nível tecnológico não apresentou encadeamentos superiores à média (para ser classificada como setor-chave para o crescimento) nas economias analisadas. Esse segmento manufatureiro apresentou a menor participação na estrutura produtiva e

²⁴Em amostras com valores discrepantes (*outliers*) a mediana é uma medida mais adequada de análise do que a média.

ocupacional, em relação aos demais segmentos da indústria moderna, em todas as economias analisadas, exceto na Coreia do Sul.

A indústria manufatureira (de baixo, médio e alto nível tecnológico) apresentou expressiva perda de participação na estrutura produtiva brasileira (-3,41 p.p.) e chinesa (-4,10 p.p.) no período de análise. Nessas economias, todos os segmentos manufatureiros perderam participação. Contudo, na economia brasileira essa perda foi mais intensa no segmento de médio nível tecnológico (-1,91 p.p.), e na chinesa, no de baixo nível tecnológico (-1,58 p.p.). Ademais, em ambas as economias o segmento manufatureiro de maior participação na estrutura produtiva (e, no caso do Brasil, também na ocupacional) é o de baixo nível tecnológico (que inclui a manufatura baseada em recursos naturais). Todavia, enquanto na China, em 2018, essa participação correspondeu a 13,58% (e o de médio nível tecnológico a 10,83%), no Brasil, a participação do segmento de baixo nível tecnológico foi apenas de 7,38% (e do segmento de alto médio nível tecnológico de 3,60%).

A perda de participação do setor manufatureiro na estrutura produtiva foi menos intensa nos Estados Unidos (-0,73 p.p.) e na Coreia do Sul (-0,56 p.p.). Nos Estados Unidos todos os segmentos manufatureiros perderam participação na estrutura produtiva e somente o segmento de médio nível tecnológico ampliou sua participação no emprego (0,23 p.p.). Já na Coreia do Sul houve ampliação do segmento de alto nível tecnológico (1,58 p.p.), que em 2018 correspondeu a 10,23% da estrutura produtiva sul-coreana.

Dos países analisados, somente na Alemanha houve ampliação da participação do setor manufatureiro no período de análise (0,38 p.p.). Essa expansão da manufatura na estrutura produtiva alemã, decorreu do crescimento da manufatura de médio nível tecnológico (0,94 p.p.) e da menor perda de participação do segmento de alto nível tecnológico (-0,06 p.p.). Ressalta-se que, em 2018, a participação do setor manufatureiro de baixo nível tecnológico na estrutura produtiva alemã correspondeu a 7,65%, de médio nível tecnológico a 11,69% e de alto nível tecnológico a 2,94%.

A Tabela 3 também mostra a participação dos segmentos manufatureiros na estrutura ocupacional. Essa evidencia que, somente os Estados Unidos e a Alemanha apresentaram expansão do emprego na manufatura de médio nível tecnológico. Contudo, como nessas economias os demais segmentos manufatureiros registraram perda de participação na estrutura ocupacional superiores a esse crescimento, houve redução da participação do setor manufatureiro no emprego. No Brasil, todos os segmentos manufatureiros perderam participação na estrutura ocupacional.

A Tabela 3 também mostra que, ao nível de agregação de 10 setores, entre os segmentos dos serviços modernos, somente os serviços financeiros da economia dos Estados Unidos apresentou índices de encadeamento acima da média, ou seja, apresentou as características de setor-chave.²⁵ Os Estados Unidos também se destacam como o país com maior proporção da população ocupada empregada no setor de serviços modernos. Além disso, é nessa economia que os serviços modernos apresentam a maior participação na estrutura produtiva.

²⁵Como as Equações 5 e 6, apresentadas na seção metodológica, revelam a classificação de setor-chave é sensível ao nível de agregação dos dados, pois é calculada em relação à média dos encadeamentos setoriais.

Tabela 3: Índices de encadeamento, setor-chave e participação na estrutura produtiva e ocupacional das economias selecionadas ao nível de 10 setores (2010-2018)

País	Setor		2010				2018				Δ 2010-2018 (em p.p.)	
			Uj	Ui	PEP	PEO	Uj	Ui	PEP	PEO	PEP	PEO
BR	Setor não moderno	Agropecuária	0,91	0,78	4,84	15,78	0,94	0,80	5,47	12,82	0,63	-2,95
		Outros serviços	0,82	1,52	49,02	54,38	0,81	1,54	53,56	58,26	4,54	3,89
		Outras Indústrias	1,00	0,96	12,41	8,98	1,01	0,95	10,03	8,22	-2,38	-0,76
	Indústria moderna	Man. BAIXO NT	1,20	1,40	8,59	9,55	1,23	1,41	7,38	8,65	-1,20	-0,90
		Man. MÉDIO NT	1,18	1,11	5,51	1,86	1,20	1,05	3,60	1,50	-1,91	-0,35
		Man. ALTO NT	1,13	0,71	0,87	0,43	1,14	0,73	0,57	0,31	-0,30	-0,11
	Serviços modernos	Transporte	1,01	0,86	4,29	4,27	1,04	0,92	4,41	4,79	0,12	0,52
		Informação	0,96	0,89	3,83	1,17	0,92	0,81	3,46	1,25	-0,37	0,08
		Financeiros	0,87	0,86	6,80	1,10	0,86	0,87	6,97	1,19	0,17	0,09
		Profissionais	0,91	0,91	3,85	2,49	0,84	0,92	4,55	3,00	0,70	0,51
CH	Setor não moderno	Agropecuária	0,87	0,86	9,71	-	1,02	0,91	7,35	-	-2,36	-
		Outros serviços	0,79	1,10	28,85	-	0,77	1,22	34,83	-	5,98	-
		Outras Indústrias	1,12	0,99	14,99	-	1,17	0,89	12,59	-	-2,40	-
	Indústria moderna	Man. BAIXO NT	1,17	1,88	15,16	-	1,21	1,83	13,58	-	-1,58	-
		Man. MÉDIO NT	1,22	1,75	11,99	-	1,22	1,60	10,83	-	-1,16	-
		Man. ALTO NT	1,18	0,88	4,79	-	1,24	0,92	3,43	-	-1,36	-
	Serviços modernos	Transporte	0,92	0,70	4,60	-	0,99	0,75	4,39	-	-0,22	-
		Informação	1,07	0,56	2,19	-	0,84	0,58	3,13	-	0,93	-
		Financeiros	0,56	0,67	6,31	-	0,57	0,70	7,68	-	1,37	-
		Profissionais	1,10	0,60	1,40	-	0,98	0,60	2,19	-	0,80	-
DE	Setor não moderno	Agropecuária	1,01	0,66	0,89	1,57	1,02	0,66	0,74	1,36	-0,16	-0,22
		Outros serviços	0,87	1,76	49,20	57,42	0,87	1,72	49,40	57,38	0,19	-0,05
		Outras Indústrias	1,02	0,99	7,95	7,05	1,03	1,01	8,09	6,93	0,14	-0,12
	Indústria moderna	Man. BAIXO NT	1,05	1,11	8,16	8,99	1,05	1,06	7,65	8,55	-0,51	-0,43
		Man. MÉDIO NT	1,04	0,94	10,75	6,44	1,02	0,93	11,69	6,69	0,94	0,25
		Man. ALTO NT	0,94	0,69	2,99	1,97	0,93	0,68	2,94	1,96	-0,06	-0,01
	Serviços modernos	Transporte	1,07	0,95	4,59	4,83	1,11	0,99	4,45	5,20	-0,14	0,36
		Informação	1,01	0,93	4,32	2,82	0,98	1,00	4,81	2,96	0,49	0,13
		Financeiros	1,03	0,95	4,99	2,96	1,05	0,93	3,83	2,47	-1,17	-0,49
		Profissionais	0,95	1,01	6,15	5,94	0,95	1,01	6,42	6,51	0,27	0,57
KO	Setor não moderno	Agropecuária	0,95	0,69	2,32	-	0,95	0,68	1,91	-	-0,41	-
		Outros serviços	0,87	1,29	39,73	-	0,91	1,44	40,80	-	1,07	-
		Outras Indústrias	1,01	0,77	7,48	-	1,04	0,82	8,10	-	0,62	-
	Indústria moderna	Man. BAIXO NT	1,07	1,54	9,81	-	1,08	1,55	9,01	-	-0,81	-
		Man. MÉDIO NT	1,16	1,30	11,21	-	1,18	1,24	9,88	-	-1,33	-
		Man. ALTO NT	1,10	0,92	8,65	-	1,00	0,87	10,23	-	1,58	-
	Serviços modernos	Transporte	1,07	0,96	3,79	-	1,04	0,82	3,34	-	-0,46	-
		Informação	0,93	0,83	4,78	-	0,94	0,84	4,58	-	-0,20	-
		Financeiros	0,88	0,83	6,58	-	0,88	0,85	6,00	-	-0,58	-
		Profissionais	0,95	0,87	5,64	-	0,98	0,89	6,16	-	0,52	-
US	Setor não moderno	Agropecuária	1,15	0,79	1,08	1,56	1,15	0,80	0,96	1,54	-0,12	-0,02
		Outros serviços	0,90	1,71	54,82	62,73	0,92	1,83	53,69	60,97	-1,13	-1,76
		Outras Indústrias	0,96	0,88	7,68	8,16	0,97	0,82	7,61	8,73	-0,07	0,57
	Indústria moderna	Man. BAIXO NT	1,14	1,18	5,52	5,49	1,15	1,11	5,18	5,37	-0,34	-0,12
		Man. MÉDIO NT	1,12	1,01	4,81	3,34	1,10	0,96	4,63	3,56	-0,18	0,23
		Man. ALTO NT	0,86	0,66	2,03	1,17	0,82	0,64	1,82	0,95	-0,21	-0,22
	Serviços modernos	Transporte	1,03	0,84	3,21	4,16	1,03	0,86	3,38	4,56	0,17	0,41
		Informação	0,93	0,86	6,36	3,58	0,93	0,87	6,85	3,96	0,49	0,39
		Financeiros	1,03	1,03	6,80	4,67	1,02	1,06	8,00	4,67	1,20	0,00
		Profissionais	0,90	1,05	7,69	5,15	0,90	1,06	7,89	5,69	0,20	0,53

Fonte: Elaboração própria com base nos dados OECD (2022a, 2022b) e IBGE (2021).

Legenda: Man. BAIXO NT - Indústria de transformação baseada em recursos naturais ou de baixo nível tecnológico; Man. MÉDIO NT - Indústria de transformação de médio nível tecnológico; Man. ALTO NT - Indústria de transformação de alto nível tecnológico; Transporte - Serviços de transporte e armazenamento; Informação - Serviços de informação e comunicação; Profissionais - Serviços profissionais, científicos e técnicos; Uj - Índice de encadeamento (ou ligação) para trás; Ui - índice de encadeamento para frente; PEP - Participação na estrutura produtiva; PEO - Participação na estrutura ocupacional

Notas: (1) Os setores-chave estão com os índices de ligação destacados em negrito. (2) Não há disponibilidade de dados do emprego setorial da economia chinesa. Já os dados do emprego setorial da economia sul-coreana, não estão disponíveis ao nível de 10 setores, ou seja, não estão desagregados entre os segmentos manufatureiros por nível tecnológico. Por questões de padronização, omitimos os dados dos demais setores sul-coreanos da Tabela 3, mas não os omitimos da Tabela 1. (3) Mais detalhes sobre atividades que compõe cada setor de análise ver Quadro 1.

Ressalta-se que a Alemanha, os Estados Unidos e a Coreia do Sul foram os únicos países nos quais o crescimento do emprego no setor moderno (indústria e serviços) – caracterizado por maior produtividade, potencial inovativo e dinamismo – ocorreu com redução do emprego tanto na agropecuária quanto dos outros serviços (setores não modernos)²⁶. Ademais, todos os países reduziram a participação da agropecuária na estrutura ocupacional e ampliaram a participação dos serviços modernos, o que corroboraria o apontado pela literatura sobre a expansão desse setor contribuir para uma mudança estrutural positiva pela absorção da mão de obra de setores de menor produtividade como o agropecuário e outros serviços.²⁷

A ampliação da participação na estrutura produtiva do setor de serviços modernos não apresentou o mesmo padrão em todos os países. Na Coreia do Sul houve redução da participação desse setor no agregado e em quase todos os seus segmentos (exceto nos serviços profissionais, científicos e técnicos). Na Alemanha, a redução da participação dos serviços modernos ocorreu em razão da queda da participação dos serviços de transporte e financeiros, mas houve expansão dos segmentos da informação e comunicação e dos serviços profissionais, científicos e técnicos (associados à Indústria 4.0). No Brasil, apesar da expansão dos serviços modernos na estrutura produtiva, houve redução do segmento da informação e comunicação. Na China, só houve redução na participação do segmento de serviços de transporte, com crescimento dos demais segmentos dos serviços modernos e do agregado desse setor. Nos Estados Unidos houve crescimento da participação na estrutura produtiva de todos os segmentos dos serviços produtivos modernos.

Em 2018 a participação do setor moderno na estrutura produtiva e ocupacional brasileira foi a menor entre os países analisados, correspondendo, respectivamente, a 40,97% e 28,91% (China 57,82% e não há dados para emprego, Coreia do Sul 57,29% e 40,86%, Alemanha 49,87% e 41,27%, e Estados Unidos 45,36% e 37,49%).²⁸ É importante destacar que, diferentemente dos Estados Unidos, segundo país com menor participação do setor moderno na estrutura produtiva e ocupacional, o Brasil apresentou redução dessas participações no período, sugerindo um processo de mudança estrutural negativa. O oposto ocorreu nos Estados Unidos, país líder no cenário internacional. Destaca-se ainda que os Estados Unidos, como evidenciaram os dados da Figura 1, apresentam elevada participação na produção industrial e no PIB mundial, de forma essa menor participação do setor moderno em sua estrutura produtiva e ocupacional ainda representam elevada participação no total mundial.

Sinteticamente, com base no conceito de setor-chave para o crescimento, os dados das cinco economias analisadas, nos dois níveis de desagregação estudados, sugerem a continuidade da relevância do setor industrial como motor do crescimento, especialmente dos segmentos manufatureiros de baixo e médio nível tecnológico. Os segmentos dos serviços

²⁶Ver Tabela A1 no apêndice que apresenta os dados da estrutura produtiva e ocupacional das Tabelas 1 e 3 agrupados em setor moderno e não moderno.

²⁷Essa mudança estrutural positiva demanda não somente a redução do emprego no setor agropecuário e concomitante aumento do emprego nos setores modernos (indústria e serviços modernos), como a redução do emprego nos setores de serviços não modernos. Isso não ocorreu em todos os países da amostra, uma vez que no Brasil entre 2010 e 2018 houve aumento da parcela da população ocupada no setor “outros serviços” (setor não moderno).

²⁸Ver Tabela A1 no apêndice que apresenta os dados da estrutura produtiva e ocupacional das Tabelas 1 e 3 agrupados em setor moderno e não moderno.

modernos, embora tenham apresentado relevância em algumas economias, ao nível de 18 setores, não apresentaram a mesma relevância ao nível de 10 setores, e não foram consistentes como a indústria de transformação. Essa foi um setor-chave para o crescimento em todas as economias analisadas, em 2010 e 2018. Portanto, não foi possível constatar perda de relevância do setor industrial como motor do crescimento e sua substituição pelo setor de serviços modernos.

Contudo, em razão da associação entre alguns segmentos dos serviços modernos com a Quarta Revolução Industrial, da reduzida participação desses segmentos (como os da tecnologia da informação e comunicação) na estrutura produtiva e ocupacional brasileira, e da complementariedade entre indústria e serviços modernos, apontada pela literatura,²⁹ destaca-se que esses segmentos dos serviços modernos não devem ser negligenciados pelos formuladores de políticas de desenvolvimento econômico. Portanto, assim como o setor manufatureiro, tais segmentos devem ser alvo das políticas de desenvolvimento dos países.

Ademais, em virtude da relevância do setor industrial para o crescimento, da perda de participação desse setor na estrutura produtiva e/ou ocupacional da maioria das economias analisadas (exceto Coreia do Sul) e da intensificação de eventos climáticos extremos, os países deveriam concentrar seus esforços de reindustrialização com foco na sustentabilidade ambiental, social e econômica. O foco nesses três “pilares” de sustentabilidade (resultado triplo/“triple bottom line”) vem sendo abordado na literatura como Indústria 5.0.³⁰ Tais valores não são incompatíveis com a Indústria 4.0, mas precisam ser intencionalmente perseguidos, ou seja, devem integrar as políticas industriais e de desenvolvimento de todas as economias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivando contribuir para a discussão sobre o impacto da Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) sobre a principal força motriz do crescimento econômico (indústria vs. serviços modernos) este trabalho analisou, para o período 2010 e 2018, dados selecionados da estrutura produtiva e ocupacional do Brasil, Alemanha, China, Coreia do Sul e Estados Unidos, estimados pelo modelo insumo-produto.

O trabalho apresenta uma visão geral da estrutura produtiva e ocupacional das economias de interesse ao nível de 18 e de 10 setores, não somente da participação setorial na produção de valor adicionado e no emprego, como pela análise dos índices de encadeamento e pelos setores-chave.

Os principais resultados desta análise corroboram a literatura e outros trabalhos empíricos, discutidos na segunda seção do artigo, que destacam a continuidade do setor industrial como principal motor do crescimento econômico. Isso vale especialmente para a

²⁹A exemplo de Rocha, Tatsch e Cário (2019), Timmer e Vries (2009), Dasgupta e Singh (2007), Felipe *et al.* (2009) e Meglio *et al.* (2015). Como apontam Rocha, Tatsch e Cário (2019), somente os segmentos com elevada simbiose com o setor industrial teriam maior impacto sobre o crescimento econômico. Ademais, o tipo de serviço existente na estrutura produtiva dos países está associado ao tipo de sistema industrial existente nessa estrutura. Isto é, países com reduzido setor industrial dificilmente conseguem desenvolver um setor de serviços intensivo em conhecimento, tecnológico e inovativo, pois não há demanda interna que viabilize a implantação desses segmentos (ROCHA; TATSCH; CÁRIO, 2019).

³⁰As principais características da Indústria 5.0 são: centralidade humana, sustentabilidade (ambiental, social e econômica) e resiliência. Mais detalhes sobre a Indústria 5.0 ver: Coelho *et al.* (2023); Golovianko *et al.* (2023); Ivanov (2023); Wang *et al.* (2024); Martín-Gómez, Agote-Garrido e Lama-Ruiz (2024).

manufatura de baixo e médio nível tecnológico (ao nível de 10 setores) e para a indústria de transformação (ao nível de 18 setores). É relevante observar que o setor manufatureiro foi o único setor com encadeamentos produtivos acima da média (setor-chave para o crescimento) em todas as economias analisadas no período de interesse.

Em relação ao setor de serviços modernos, os dados da Alemanha e dos Estados Unidos sugerem um aumento da importância desse para o crescimento econômico. Isso porque mostram o crescimento da participação dos serviços modernos, especialmente os segmentos associados à Indústria 4.0 – informação e comunicação e serviços profissionais, científicos e técnicos – na estrutura produtiva e ocupacional, bem como a ampliação dos encadeamentos para frente.

Contudo, de modo geral, os segmentos dos serviços modernos, associados à Indústria 4.0, embora tenham apresentado relevância em algumas economias (ao nível de 18 setores), não alcançaram a mesma relevância ao nível de 10 setores. Esse resultado indica não ser possível constatar a perda da relevância do setor manufatureiro para o crescimento. No entanto, é importante notar que são necessários estudos mais abrangentes para consolidar esses resultados.

A mais importante implicação prática deste estudo é a necessidade de uma política de reindustrialização da economia brasileira, em razão da relevância do setor manufatureiro para o crescimento econômico, da perda de participação na estrutura produtiva e ocupacional desse setor em todos os níveis tecnológico, bem como da reduzida e decrescente participação do Brasil no VAM mundial.

No entanto, devido à associação de certos segmentos dos serviços modernos com a Quarta Revolução Industrial, à baixa presença desses segmentos (como os de tecnologia da informação e comunicação), na estrutura produtiva e ocupacional brasileira e à complementaridade entre indústria e serviços modernos, destaca-se que esses segmentos dos serviços modernos não devem ser negligenciados pelos formuladores de políticas de desenvolvimento econômico. Portanto, assim como o setor manufatureiro, esses segmentos devem ser alvo de políticas de desenvolvimento, especialmente das economias não desenvolvidas como a brasileira.

Embora o foco do trabalho seja a economia brasileira, dada a relevância do setor industrial para o crescimento e da perda de participação desse setor na estrutura produtiva e/ou ocupacional das economias analisadas (exceto Coreia do Sul), todos os países analisados deveriam focar na reindustrialização de suas economias, com políticas que incluam a expansão dos serviços modernos associado à Indústria 4.0 e a inovação nos setores-chave para o crescimento. Essa política enfrenta mais obstáculos em países subdesenvolvidos/periféricos, como o caso brasileiro, uma vez que as tecnologias essenciais para esses segmentos não são bens públicos. Ademais, em virtude da intensificação de eventos climáticos extremos no mundo, destaca-se a essencialidade dos países concentrarem seus esforços de reindustrialização com foco na sustentabilidade ambiental, social e econômica (Indústria 5.0). Assim, atualmente os formuladores de política industrial e de desenvolvimento devem objetivar implementar ou expandir o uso de tecnologias da Indústria 4.0, mas adotando os princípios de sustentabilidade da Indústria 5.0.

REFERÊNCIAS

- AMSDEN, A. **A ascensão do “resto”**: os desafios ao ocidente de economias com industrialização tardia. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2009.
- ARALIZ, M. R.; NUGROHO, H. S.; IBRAHIM, B. Comparison Industry 4.0 Assessment Reference Standards to Develop an Assessment Tool Industry 4.0. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2739, n. 1, p. 012056, 2024.
- BRITO, E. C. **A contribuição do setor produtivo moderno na determinação da estrutura ocupacional e dos episódios de crescimento e contração da economia brasileira no período 1950-2020**. 2023. Tese (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.
- BLECKER, R. A.; SETTERFIELD, M. The Kaldorian vision of growth. In: BLECKER, R. A.; SETTERFIELD, M. **Heterodox macroeconomics**: models of demand, distribution and growth. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, 2019. p. 378-388.
- BLOCK, F. Swimming against the current: the rise of a hidden developmental state in the United States. **Politics & Society**, New York, v. 36, n. 2, p. 169-206, jun. 2008.
- CANO, W. **Uma agenda nacional para o desenvolvimento**. Campinas: IE/UNICAMP, ago. 2010. (Texto para discussão, 183).
- CASTELLACCI, F. Technological paradigms, regimes and trajectories: Manufacturing and service industries in a new taxonomy of sectoral patterns of innovation. **Research Policy**, [S.l.], v. 37, n. 6-7, p. 978–994, 2008.
- CHANG, H. J. **Chutando a escada**: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica. 1. ed. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 2004.
- CHANG, H. J. **23 coisas que não nos contaram sobre o capitalismo**. São Paulo: Cultrix, 2013.
- COELHO, P.; BESSAA, C.; LANDECKB, J; SILVA, C. Industry 5.0: the arising of a concept. **Procedia Computer Science**, v. 217, p. 1137-1144, 2023.
- CORDEIRO, R. F.; REIS, L. P.; FERNANDES, J. M. A hierarchical model for industry 4.0 concepts. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 24, n. 2, eRAMR230061, 2023.
- COSTA, C. **Indústria 4.0**: o futuro da indústria nacional. Pós-Graduação em Revista – POSGERE, São Paulo, v.1, n. 4, p. 5-14, set. 2017.
- DASGUPTA, S.; SINGH, A. Manufacturing, services and premature deindustrialization in developing countries: a kaldorian analysis. In: MAVROTAS, G.; SHORROCKS, A. (ed.). **Advancing development**: studies in development economics and policy. London: Palgrave Macmillan, 2007. p. 435-454.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. **Panorama da inovação** – Indústria 4.0. Rio de janeiro: Sistema FIRJAN, 2016.

FELIPE, J.; LEÓN-LEDESMA, M.; LANZAFAME, M.; ESTRADA, G. Sectoral engines of growth in developing Asia: stylised facts and implications. **Malaysian Journal of Economic Studies**, Kuala Lumpur, v. 46, n. 2, p. 170-133, 2009.

FERREIRA, S. C; PAULA, G. M. Os Primeiros Impactos da Indústria 4.0 sobre o Setor de Papel e Celulose. **RASI**, Volta Redonda, v. 7, n. 1, p. 124-139, jan./abr. 2021.

FOSTER-McGREGOR, N.; KABA, I.; SZIRMAI, A. **Structural change and the ability to sustain growth**. Vienna: UNIDO, 2015. (Working Paper, 19).

FREY, C. B. **The technology trap**: capital, labor, and power in the age of automation. Princeton & Oxford: Princeton University Press, 2019.

FURTADO, C. **Teoria e política do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os economistas).

GALA, P.; ROCHA, I.; MAGACHO, G. The structuralist revenge: economic complexity as an important dimension to evaluate growth and development. **Brazilian Journal of Political Economy**, São Paulo, v. 38, n. 2 (151), p. 219-236, apr./jun. 2018.

GERSCHENKRON, A. **Economic Backwardness in Historical Perspective**: a book of essays. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962.

GIOVANINI, A. **Mudança estrutural no século XXI**: a contribuição dos serviços intermediários para o aumento na complexidade econômica. 2018. Tese (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GOLOVIANKO, M.; TERZIYAN, V.; BRANYTSKYI, V.; MALYK, D. Industry 4.0 vs. Industry 5.0: co-existence, Transition, or a Hybrid. **Procedia Computer Science**, v. 217, p. 102-113, 2023.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr./jun. 2005.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**, v. 23, p. 53-62, 2010.

GUILHOTO, J. J. M. **Input-Output Analysis**: Theory and Foundations. Munich:MPRA Paper, 2011. (Working Paper, 32566).

HALLWARD-DRIEMEIER, M.; NAYYAR, G. **Trouble in the making?** the future of manufacturing-led development. Washington, DC: World Bank, 2018.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **Hawaii International Conference on Systems Science**. 2016. p. 3928-3937.

HIDALGO, C. A.; KLINGER, B.; BARABÁSI, A.-L.; HAUSMANN, R. The product space conditions the development of nations. **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **PNAS**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.

HIRSCHMAN, A. O. A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. In: HIRSCHMAN, A. O. **The essential Hirschman**. Princeton: Princeton University Press, 2013. p. 155-194.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Matriz de insumo-produto**: Brasil 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE. **Tabelas de recursos e usos**: Nível 68, 2010-2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/comercio/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>. Acesso em: 24 maio 2022.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. (2017). **Indústria 4.0**: A política industrial da Alemanha para o futuro. São Paulo: IEDI, 2017. (Carta IEDI, 807).

IVANOV, D. The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. **International Journal of Production Research**, v. 61, n. 5, p. 1683-1695, 2023.

JEONG, S.; NA, W.; KIM, J.; CHO, S. Internet of Things for Smart Manufacturing System: Trust Issues in Resource Allocation. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 6, p. 4418-4427, 2018.

KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLSTER, W. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of German manufacturing industry. **Final report of the Intrustrie 4.0 working group**. Forschungunion, 2013.

KALDOR, N. Causes of the slow rate of economic growth in the United Kingdom. In: TARGETTI, F.; THIRLWALL, A. P. (ed.). **The essential Kaldor**. New York: Holmes & Meier Publishers, 1989. p. 282-310.

LALL, S. The Technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985 - 98. **Oxford development studies**, London, v. 28, n. 3, p. 337-369, 2000.

LAVOPA, A.; SZIRMAI, A. **Structural modernization and development traps**: an empirical approach. Maastricht: United Nations University-Maastricht Economic and social Research institute on Innovation and Technology – UNU-MERIT, 2014. (Working Paper, UNU-MERIT 76).

LAVOPA, A.; SZIRMAI, A. Structural modernisation and development traps. An empirical approach. **World Development**, [S.l.], v. 112, p. 59-73, 2018.

LIST, G. F. **Sistema nacional de economia política**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os economistas).

MARTÍN-GÓMEZ, A. M.; AGOTE-GARRIDO, A.; LAMA-RUIZ, J. R. A Framework for Sustainable Manufacturing: Integrating Industry 4.0 Technologies with Industry 5.0 Values. **Sustainability**, v. 16, n. 4, p. 1364, 2024.

MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfolio Penguin, 2014.

McMILLAN, M. S.; RODRIK, D. Globalization, structural change and productivity growth. In: BACCHETTA, M.; JANSEN, M. (ed.). **Making globalization socially sustainable**. Geneva: International Labour Organization (ILO) and World Trade Organization (WTO), 2011. p. 49-84.

MEGLIO, G.; GALLEGRO, J.; MAROTO, A.; SAVONA, M. **Services in developing economies: a new chance for catching-up?**. Brighton (UK): Science Policy Research Unit – SPRU/ University of Sussex, 2015. (Working Paper, SWPS 2015-32).

MOURA, M. P. **A quarta revolução industrial e os desafios para a indústria e para o desenvolvimento brasileiro**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

NASSIF, L.; TEIXEIRA, L.; ROCHA, F. Houve redução do impacto da indústria na economia brasileira no período 1996-2009? Uma análise das matrizes insumo-produto. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 24, n. 2 (54), p. 355-378, ago. 2015.

OCAMPO, J. A. The quest for dynamic efficiency: structural dynamics and economic growth in developing countries. In: OCAMPO, J. A. (ed.). **Beyond reforms: structural dynamics and macroeconomic vulnerability**. Washington: ECLAC, World Bank and Stanford University Press, 2005. p. 3-44.

OCAMPO, J. A.; RADA, C.; TAYLOR, L. **Growth and policy in developing countries: a structuralist approach**. New York: Columbia University Press, 2009.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. OCDE.Stat. **Input-Output Tables (IOTs): Domestic output and imports**. 2022a. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/ind/input-outputtables.htm>. Acesso em: 24 maio 2022.

OECD. OCDE.Stat. **Annual National Accounts**. Detailed Tables and Simplified Accounts: Labour input by activity, ISIC rev4. 2022b. Disponível em: https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=SNA_TABLE7A_ARCHIVE#. Acesso em: 24 maio 2022.

PERES, W.; PRIMI, A. **Theory and practice of industrial policy: evidence from the Latin American experience**. Santiago: ECLAC, 2009. (Serie Desarrollo Productivo, 187).

PEREZ, C. The double bubble at the turn of the century: technological roots and structural implications. **Cambridge Journal of Economics**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 779-805, 2009.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PEREZ, C. Capitalism, Technology and a Green Global Golden Age: The Role of History in Helping to Shape the Future. In: JACOBS, M.; MAZZUCATO, M. (ed.). **Rethinking Capitalism: Economics and Policy for Sustainable and Inclusive Growth**. London: Wiley Blackwell, 2016. p. 191-217

REINERT, E. S. **Como os países ricos ficaram ricos... e por que os países pobres continuam pobres**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2016.

ROCHA, C. S. C.; TATSCH, A. L.; CÁRIO, S. A. F. Mudança estrutural e seu impacto na produtividade: uma análise da ascensão do setor de serviços na economia brasileira. **Economia Ensaios**, Uberlândia, v. 33, n. esp., p. 26-45, set. 2019.

RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A.; SCHÜTZER, K. *Indústria 4.0 – uma revisão da literatura. Revista de Ciência e Tecnologia*, Piracicaba, v. 19, n. 38, p. 33-45, 2016.

RODRÍGUEZ, O. *O estruturalismo latino-americano*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

RODRIK, D. *The past, present, and future of economic growth*. *Challenge*, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 5-39, 2014.

SMITH, A. *A riqueza das nações: investigação sobre a natureza e suas causas*. São Paulo: Abril Cultural, 1983. v. 1 e 2. (Os economistas).

SOUZA, N. J. *Desenvolvimento econômico*. 5. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

SZIRMAI, A. *Industrialisation as an engine of growth in developing countries, 1950-2005. Structural Change and Economic Dynamics*, [S.l.], v. 23, p. 406-420, 2012.

SZIRMAI, A. *Manufacturing and economic development*. In: SZIRMAI, A.; NAUDÉ, W.; ALCORTA, L. (ed.). *Pathways to Industrialization in the Twenty-First Century: New challenges and emerging paradigms*. Oxford: Oxford University Press (UNU-Wider Studies in Development Economics), 2013. p. 53-75.

SZIRMAI, A.; FOSTER-McGREGOR, N. *Understanding the ability to sustain growth*. Groningen: Groningen Growth and Development Centre, nov. 2017. (GGDC Research Memorandum, 173).

THIRLWALL, A. P. *The balance of payments constraint as an explanation of international growth rate differences. Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, v. 32, n. 128, p. 45-53, 1979.

THIRLWALL, A. P. *A plain man's guide to Kaldor's growth laws. Journal of Post Keynesian Economics*, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 345-358, 1983.

THOBEN, K. D; WIESNER, S.; WUEST, T. “Indústria 4.0” and smart manufacturing – a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 4-16, 2017.

UNITED NATIONS – UN. Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division. National Accounts. **GDP, at constant 2015 prices – US Dollars. Value Added by Economic Activity, at constant 2015 prices – US Dollars**. 2023. Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/snaama/Basic#>. Acesso em: 07 nov. 2023.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – UNCTAD. *International production: a decade of transformation ahead*. In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT – UNCTAD. **International production beyond the pandemic**. World Investment Report 2020. Geneva: United Nations, 2020. p. 119-177.

WANG, B.; ZHOU, H.; LI, X.; YANG, G.; ZHENG, P.; SONG, C.; YUAN, Y.; WUEST, T.; YANG, H.; WANG, L. *Human Digital Twin in the context of Industry 5.0. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 85, p. 102626, 2024.

WORLD BANK. **Indicators: Economy & Growth**. 2022. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator>. Acesso em: 25 maio 2022.

WTO. WTO stats. **International trade statistics: Merchandise trade values**. 2023.
Disponível em: <https://stats.wto.org/>. Acesso em: 07 nov. 2023.

APÊNDICE

Tabela A1: Participação na estrutura produtiva e ocupacional das economias selecionadas dos setores modernos e não modernos (2010-2018)

País	Setor	2010		2018		Δ 2010-2018 (em p.p.)	
		PEP	PEO	PEP	PEO	PEP	PEO
BR	Setor moderno	46,14	29,85	40,97	28,91	-5,17	-0,93
	<i>Indústria moderna</i>	27,38	20,81	21,58	18,68	-5,79	-2,13
	<i>Serviços modernos</i>	18,77	9,04	19,39	10,23	0,62	1,19
	Setor não moderno	53,86	70,15	59,03	71,09	5,17	0,93
CH	Setor moderno	61,44	-	57,82	-	-3,61	-
	<i>Indústria moderna</i>	46,93	-	40,43	-	-6,50	-
	<i>Serviços modernos</i>	14,50	-	17,39	-	2,89	-
	Setor não moderno	38,56	-	42,18	-	3,61	-
DE	Setor moderno	49,91	41,01	49,87	41,27	-0,04	0,26
	<i>Indústria moderna</i>	29,85	24,44	30,36	24,13	0,52	-0,31
	<i>Serviços modernos</i>	20,06	16,56	19,50	17,14	-0,55	0,58
	Setor não moderno	50,09	58,99	50,13	58,73	0,04	-0,26
KO	Setor moderno	57,95	40,52	57,29	40,86	-0,66	0,34
	<i>Indústria moderna</i>	37,16	25,18	37,22	25,25	0,06	0,07
	<i>Serviços modernos</i>	20,79	15,34	20,08	15,61	-0,72	0,27
	Setor não moderno	42,05	59,48	42,71	59,14	0,66	-0,34
US	Setor moderno	44,10	35,71	45,36	37,49	1,25	1,79
	<i>Indústria moderna</i>	20,04	18,15	19,23	18,61	-0,80	0,46
	<i>Serviços modernos</i>	24,07	17,56	26,12	18,88	2,06	1,32
	Setor não moderno	55,90	64,29	54,64	62,51	-1,25	-1,79

Fonte: Elaboração própria com base nos dados OECD (2022a, 2022b) e IBGE (2021).

Legenda: PEP - Participação na estrutura produtiva; PEO - Participação na estrutura ocupacional.

Notas: (1) Os dados foram estimados ao nível de 18 setores. (2) Não há disponibilidade de dados do emprego setorial da economia chinesa.

Recebido em 19/04/2024
Aprovado em 17/06/2024