

Onde se Difunde o Progresso Técnico? Complexidade Econômica e Emprego Industrial nas Microrregiões Brasileiras

Lázaro Cezar Dias¹

Erick Fernando Feijó Alonso²

RESUMO: Este artigo analisa como a complexidade econômica se relaciona com a difusão do progresso técnico nas microrregiões brasileiras, utilizando os indicadores de Complexidade Econômica Regional, distância e ganho de oportunidade, construídos a partir de dados da RAIS e da plataforma Dataviva para o ano de 2021. A hipótese central é que regiões com maior complexidade econômica concentram empregos em setores com maior capacidade de difusão tecnológica. Os resultados revelam profundas assimetrias regionais: enquanto o Sudeste e o Sul concentram atividades produtivas mais sofisticadas, a grande maioria das microrregiões do Norte e do Nordeste apresenta estruturas menos complexas. Apenas uma fração minoritária das microrregiões brasileiras combina elevada complexidade com especialização em setores difusores de progresso técnico, sugerindo, ainda assim, uma correlação positiva entre os dois conceitos. A análise reforça a importância de políticas públicas territorialmente orientadas, capazes de articular capacidades produtivas locais, trajetórias tecnológicas e estratégias de diversificação inteligente, com vistas à redução das desigualdades e à promoção de um desenvolvimento regional mais inclusivo.

Palavras-chave: Complexidade econômica; Difusão tecnológica; Desenvolvimento regional; Especialização produtiva.

Where is the Diffusion of Technical Progress? Economic Complexity and Industrial Employment in Brazilian Microregions

ABSTRACT: This paper analyzes how economic complexity relates to the diffusion of technical progress across Brazilian microregions, using the indicators Regional Economic Complexity Index, distance, and opportunity gain, from RAIS and Dataviva data for the year 2021. The central hypothesis is that regions with higher economic complexity tend to concentrate employment in sectors with greater potential for technological diffusion. The results reveal deep regional asymmetries: while the Southeast and South concentrate more sophisticated productive activities, the vast majority of microregions in the North and Northeast exhibit less complex structures. Only a small share of Brazilian microregions combine high economic complexity with specialization in sectors that diffuse technical progress, yet this pattern suggests a positive correlation between the two concepts. The analysis reinforces the importance of spatially targeted public policies capable of articulating local productive capacities, technological trajectories, and smart diversification strategies, aiming to reduce inequalities and promote more inclusive regional development.

Keywords: Economic complexity; Technology diffusion; Regional development; Productive specialization.

¹ Doutorando em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Unicamp. Email: lzr.cezar@gmail.com; l289242@dac.unicamp.br.

² Doutorando em Teoria Econômica pela Unicamp. Email: .e271168@dac.unicamp.br

1. Introdução

Na leitura histórica do economista Hirschman (1976), o desenvolvimento econômico ocorre a partir de variáveis associadas ao crescimento da renda e da riqueza – crescimento econômico – e também da distribuição dessa renda (equidade), mas que não ocorre de forma homogênea, internamente ou entre os países. Do ponto de vista da produção, através do progresso técnico, a produtividade rompeu com as teorias malthusianas que associavam ao crescimento populacional um limite à perenidade humana. Thomas Malthus, no século XVIII, previa que o crescimento populacional, em progressão geométrica, superaria a capacidade de produção de alimentos, em progressão aritmética, levando a crises de subsistência e miséria.

O desenvolvimento econômico, portanto, possui como uma de suas premissas básicas a qualificação da matriz produtiva, tornando-a mais complexa. A complexidade econômica, como um processo de diversificação e adensamento das atividades econômicas, todavia, provoca uma série de heterogeneidades, setoriais, regionais, sociais e institucionais. No Brasil, essa questão faz-se ainda mais profunda, tendo em vista as razões histórico-econômicas de sua formação. O período 1930-45, na leitura de Cano (1997), ao mesmo tempo que concentrava a produção no estado de São Paulo, articulava também com as demais regiões o crescimento regional destas – ainda que de forma desigual.

A teoria da complexidade econômica, pioneiramente desenvolvida por Hidalgo e Hausmann (2009), estabelece uma relação direta entre a diversidade e a complexidade das capacidades técnicas de um país e sua estrutura produtiva. A hipótese central dessa teoria é que a capacidade de um país produzir um determinado bem depende de um conjunto específico de capacitações. A evidência empírica apresentada pelos autores sugere que países com estruturas produtivas mais complexas possuem um conjunto mais diversificado de capacidades produtivas e inovativas e, portanto, são mais resilientes a choques externos. Como destaca também Figueiredo (2004), capacidades tecnológicas são construídas por meio de processos cumulativos de aprendizagem, que variam conforme o contexto setorial e regional, aspecto que ganha centralidade no entendimento da heterogeneidade da complexidade econômica nas microrregiões brasileiras.

Quando as inovações ganham centralidade no debate econômico, como bem destacado por Schumpeter e pelos neoschumpeterianos, o desenvolvimento pode atentar-se a trajetórias pelas quais ocorra uma reorganização e reorientação de sistemas econômicos e sociais inteiros em direção a situações ou condições consideradas melhores à população (TODARO; SMITH, 2020). Nesse contexto, não apenas a inovação tecnológica, *per se*, deve ser buscada, mas também a difusão. A difusão tecnológica é um processo contínuo e adaptativo em que a inovação se transforma ao longo do tempo. Envolve aprendizagem prática, uso incremental, e depende de contextos institucionais, complementaridades e do comportamento dos agentes, que ajustam e aperfeiçoam tecnologias conforme sua adoção se expande (DEZA, 1995).

Em seu recorte regional, o desenvolvimento endógeno é um processo de crescimento econômico que se fundamenta no fortalecimento das capacidades locais de inovação, produção e comercialização. Esse processo envolve a construção de um ambiente institucional favorável, que estimula a participação de diversos atores sociais e econômicos na definição e implementação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento local (AMARAL FILHO, 2009). Como resultado, tende-se a observar um aumento da competitividade regional, da geração de emprego e da renda, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.

Este artigo tem como objetivo analisar como a complexidade econômica, medida por três indicadores como o Índice de Complexidade Econômica Regional (ICE-R), distância e ganho de oportunidade, se relaciona com a difusão do progresso técnico (DPT) nas

microrregiões brasileiras. Para isso, utilizam-se dados da RAIS e da plataforma DataViva, com foco na identificação de padrões espaciais de especialização produtiva e no papel das capacidades locais na absorção de tecnologias. Cada indicador ajuda a entender a complexidade em dimensões distintas, em que o ICE-R mede o nível de sofisticação produtiva de uma região; a Distância o quão próximas estão novas atividades da base produtiva existente; e o Ganho de Oportunidade estima o potencial dessas novas atividades para gerar futuras oportunidades de diversificação. Como hipótese, postula-se que microrregiões com maior complexidade econômica concentram empregos em setores com maior capacidade de difusão do progresso técnico, sendo, portanto, também mais propensas a irradiar inovações e impulsionar e transbordar ganhos de produtividade.

Estudos prévios (Fornari; Gomes; Morceiro, 2014; Dias e Martinelli, 2020) já evidenciaram assimetrias nas capacidades tecnológicas dos estados brasileiros, com São Paulo mantendo uma significativa liderança. Este trabalho avança ao analisar tais disparidades em escala microrregional, explorando como a complexidade econômica se relaciona com a difusão do progresso técnico, identificando e compreendendo alguns padrões de especialização produtiva e os fatores que influenciam a capacidade de inovação e o desenvolvimento regional. O argumento central é que a complexidade econômica está positivamente relacionada com a capacidade de as regiões absorverem e difundirem o progresso técnico, promovendo, assim, um desenvolvimento dinâmico e sustentado. Espera-se poder contribuir para o debate e a formulação de políticas regionais, entendida aqui como qualquer política de desenvolvimento que seja intencionalmente seletiva espacialmente ou destinada a ter impactos espaciais diferenciais (FRATESI, 2024).

O texto está estruturado em seções. A próxima apresenta um quadro geral de contribuições teóricas sobre complexidade econômica, capacidades tecnológicas, difusão do progresso técnico e desenvolvimento regional, com particularidades no tocante ao contexto brasileiro. Em seguida, base de dados e método são trazidos, para que na quarta seção, os resultados e a análise sejam desenvolvidas. A quinta e última seção conclui e encerra o artigo.

2. Revisão da Literatura

2.1 Fundamentos da Complexidade Econômica

Em seu Atlas da Complexidade Econômica, Hausmann e Hidalgo (2011) definem-na como um indicador da capacidade de uma sociedade de gerar, absorver e utilizar conhecimento, refletindo na diversidade e sofisticação de seus produtos e na estrutura de suas redes produtivas. Uma estratégia de mensuração do fenômeno deve levar em conta conceitos importantes como é o caso da diversidade e da ubiquidade. A diversidade de produtos que um país ou espaço geográfico fabrica reflete a variedade de conhecimentos e capacidades existentes em sua economia. Quanto maior a diversidade, maior a probabilidade de que a nação possua um conjunto amplo de habilidades e tecnologias. A ubiquidade dos produtos, por sua vez, indica o nível de conhecimento necessário para sua produção. Produtos pouco ubíquos, fabricados por poucos países, exigem um conjunto de conhecimentos mais específico e sofisticado.

A capacidade de uma nação ou região de produzir bens complexos, como semicondutores ou aeronaves, reflete a existência de redes complexas de indivíduos e organizações que detêm e combinam diversos tipos de conhecimento especializado, aprendizados codificados e/ou tácitos. Economias menos complexas, baseadas em produtos que exigem menos conhecimento, como é o caso de produtos agrícolas e minerais pouco processados, apresentam redes de produção mais simples e menos diversificadas. A acumulação e a transferência de conhecimento são facilitadas redes e ecossistemas regionais,

que atuam como repositórios e disseminadores de aprendizados diversos³. (HIDALGO; HAUSMANN, 2009).

Hausmann e Hidalgo (2010) propõem modelo com base na balança de exportações que sugere que países com mais capacidades produtivas (conhecimentos e habilidades) são capazes de produzir uma gama mais diversificada de produtos. Por outro lado, produtos que exigem um conjunto mais específico e complexo de capacidades serão produzidos por menos países, tornando-se menos ubíquos – ou menos presentes, disponíveis. Conquanto, armadilhas no processo de diversificação econômica podem surgir. Países com poucas capacidades terão dificuldades em se diversificar, pois a probabilidade de que uma nova capacidade seja útil para a produção de um novo produto é baixa na ausência das outras capacidades necessárias. Em contraste, países com muitas capacidades podem combinar novas capacidades com as já existentes, facilitando a diversificação.

Salles, Porto e Rocha (2017) analisam a estrutura produtiva do estado de Minas Gerais, tradicionalmente concentrada em produtos de baixa complexidade, como minério de ferro e café, e propõe uma metodologia para identificar setores com potencial de diversificação e sofisticação econômica. Utilizando a abordagem do *Product Space* e dados da plataforma DataViva, identificam dois segmentos prioritários para políticas de desenvolvimento, quais sejam, os produtos biotecnológicos, especialmente farmoquímicos voltados à saúde humana e animal, e os produtos da indústria mecânico-elétrica, como instrumentos de precisão.

Destarte, a complexidade econômica é um importante motor do crescimento econômico. Nações identificadas como mais complexas, caracterizadas por uma estrutura produtiva diversificada e sofisticada, tendem a experimentar taxas de crescimento sustentado. Cabe ressaltar que o fenômeno não corresponde a um subproduto da prosperidade econômica, mas sim um fator causal. Ao fomentar a inovação, o avanço tecnológico e o desenvolvimento de mão de obra qualificada, a complexidade econômica permite que os países saiam de armadilhas de baixo crescimento e alcancem trajetórias mais virtuosas de desenvolvimento econômico (HAUSMAN et al., 2011).

2.2 Inovação e Difusão do Progresso Técnico

A discussão sobre complexidade econômica, ao evidenciar a importância da diversificação produtiva e do conteúdo tecnológico das exportações, conduz diretamente ao debate sobre inovação e progresso técnico como vetores centrais do desenvolvimento. Autores como Marx e Schumpeter reconheceram a tecnologia como um elemento constitutivo e transformador da dinâmica capitalista (SZAPIRO; MATOS; CASSIOLATO, 2021). Mais recentemente, a teoria da inovação evoluiu para além da visão linear e individualizada centrada na figura do inventor ou no empresário schumpeteriano. A partir de contribuições como as de Nelson, Freeman e Dosi, ganha destaque a abordagem sistêmica e interativa da inovação, na qual ciência, tecnologia e inovação (CT&I) resultam de processos sociais complexos, mediados por instituições, políticas públicas e contextos históricos específicos.

Esse enfoque entende a inovação como um fenômeno coletivo e cumulativo, enraizado em sistemas locais e nacionais de inovação, e que podem ser investigados

³ A complexidade econômica, conforme Hidalgo e Hausmann (2009), está intrinsecamente ligada às capacidades tecnológicas acumuladas (Lall, 1992), que variam desde habilidades básicas de operação até capacidades avançadas de inovação radical.

geograficamente⁴. As capacidades tecnológicas - acumulação de recursos, físicos e sociais, necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas - não são dadas, mas construídas por meio da interação entre empresas, universidades, centros de pesquisa, governos e demais atores sociais. O progresso técnico, nesse contexto, depende da qualidade dessas interações, do ambiente institucional e das trajetórias tecnológicas prévias. Como afirmam Cassiolato e Lastres (2005), o desempenho inovativo não pode ser analisado isoladamente, pois decorre da articulação entre agentes e do modo como as instituições moldam essas relações.

A difusão tecnológica ocupa papel central nesse processo, sobretudo em economias periféricas. Nos estágios iniciais, a adoção de novas tecnologias exige competências específicas e é restrita a grupos altamente qualificados. Com o tempo, à medida que ocorre a rotinização produtiva, tais conhecimentos tornam-se incorporados aos processos, permitindo sua disseminação mais ampla e a internalização de capacidades em trabalhadores menos especializados. Esse aprendizado cumulativo – por fazer (*learning by doing*), por uso (*learning by using*) ou por interação (*learning by interacting*) – constitui a base para o fortalecimento organizacional e o aprimoramento contínuo das técnicas produtivas. (FIGUEIREDO, 2004).

A difusão do progresso técnico, como destacam Lundvall e Nielsen (1999), depende de sistemas regionais de inovação que integrem universidades, empresas e políticas públicas, fatores que explicam a concentração de empregos em setores que demandam ocupações mais qualificadas no eixo Sul-Sudeste (Garcia et al., 2011).

Mesmo nas empresas de baixa e média-baixa intensidade tecnológica, a produtividade pode ser impulsionada por transbordamentos de conhecimento oriundos de segmentos mais avançados. A difusão da inovação, portanto, não se limita à imitação ou à absorção passiva, mas implica rearranjos organizacionais, capacitação interna e construção de novas rotinas. Em países que enfrentaram industrialização prematura e incompleta, a difusão se configura como uma via estratégica para o *catching-up* tecnológico, possibilitando avanços mesmo sem fronteira tecnológica própria e evitando o aprisionamento em estruturas produtivas pouco sofisticadas. (FORNARI; GOMES; MORCEIRO, 2014).

Morceiro e Guilhoto (2019) analisam o processo de desindustrialização brasileira entre 1970 e 2016 e observam uma menor variabilidade nas intensidades setoriais em comparação aos países da OCDE. Destacam, especialmente entre 2009 e 2017, uma acentuada retração industrial vinculada à crise financeira internacional de 2008 e ao agravamento das crises política e institucional no país. A desindustrialização brasileira, segundo os autores, é considerada prematura e concentrada em setores estratégicos de maior conteúdo tecnológico, como os ligados à ciência e tecnologia e às indústrias de borracha e plástico. Tal dinâmica é vista como indesejável do ponto de vista do desenvolvimento, pois compromete setores com alto potencial de encadeamentos produtivos e efeitos multiplicadores essenciais ao crescimento econômico.

Sob esse prisma, o progresso técnico reforça o papel central da indústria como motor do desenvolvimento econômico. (DIEGUES; ROSSI, 2018). Setores industriais com retornos crescentes de escala irradiam ganhos de produtividade para toda a economia e ampliam a capacidade de inovação sistêmica. A desindustrialização, nesse sentido, representa não apenas a perda de complexidade produtiva, mas a erosão das condições necessárias à geração e difusão do progresso técnico. Como indicam interpretações kaldorianas, recuperar a base industrial é recuperar também a capacidade de inovar e sustentar trajetórias de desenvolvimento regionalmente equilibradas e tecnologicamente dinâmicas.

⁴ A análise da geografia nos estudos da inovação vincula-se com o fato de que a concentração geográfica e espacial dos agentes econômicos, e a proximidade geográfica dela decorrente, é capaz de gerar um conjunto de benefícios que estimulam os processos de aprendizado interativo e a inovação (Garcia, 2017, p. 1).

Fornari, Gomes e Morceiro (2014) explicam que, a produtividade das empresas de Baixa e Média-baixa intensidade tecnológica atrelam-se a dois aspectos. O primeiro se liga aos processos inovativos das empresas de Média-alta e Alta intensidade tecnológica e ainda, as capacidades inovativas nas empresas de maior intensidade dependem de vínculos e transbordamentos gerados pelas de menor intensidade. As atividades, portanto, independente do seu nível (básico, intermediário, avançado) corroboram as capacidades e geram transbordamentos horizontal e verticalmente nas cadeias produtivas, com potenciais impactos no desenvolvimento econômico e social.

2.3 Complexidade e Difusão Tecnológica como Motores do Desenvolvimento Regional

Regiões possuem características únicas que influenciam seu desenvolvimento econômico, sendo tipicamente mais abertas do que as nações, com menos barreiras à movimentação de bens, capital e trabalho. Essa maior abertura pode facilitar o crescimento econômico, mas também expõe as regiões a choques externos e à competição. Além disso, as regiões frequentemente carecem de plena soberania, estando sujeitas às políticas e regulamentações de um governo central. Isso pode limitar sua autonomia na tomada de decisões e restringir sua capacidade de implementar estratégias de desenvolvimento personalizadas. E por fim, a homogeneidade das regiões também varia. Algumas regiões são relativamente homogêneas em termos de estrutura econômica, fatores culturais e características demográficas. Essas diferenças podem influenciar os tipos de políticas e estratégias mais eficazes para o desenvolvimento regional (FRATESI, 2024). Em se tratando de Brasil, essas assimetrias acentuam-se, a seção de resultados sublinhará esse fato.

O conceito da dependência da trajetória (*path dependence*) no desenvolvimento econômico implica que a diversificação regional é influenciada pelas capacidades e conhecimentos existentes no passado. As regiões tendem a se especializar em atividades relacionadas⁵, aproveitando seus pontos fortes e recursos locais. Embora a diversificação relacionada seja um padrão comum, a capacidade de diversificar para atividades mais complexas varia entre as regiões. Regiões desenvolvidas com fortes capacidades de inovação podem estar melhor posicionadas para romper com as restrições de relacionamento e buscar estratégias de diversificação mais ambiciosas. Um dos vetores para essa diversificação é a presença de habilidades (*skills*) dos trabalhadores qualificados (GARCIA, SILVA, RIGHI, 2011). No entanto, para regiões com capacidades limitadas, a diversificação relacionada continua sendo uma estratégia crucial para o crescimento econômico e o desenvolvimento. Compreender essas dinâmicas é essencial para o desenho de políticas eficazes de desenvolvimento regional que apoiem a diversificação e promovam a complexidade econômica (FRANÇOSO et al, 2024).

Balland et al. (2019) conectam a literatura de especialização inteligente com a de diversificação e complexidade econômica. Regiões com fortes capacidades de inovação podem explorar oportunidades de diversificação em atividades mais complexas, enquanto regiões com capacidades limitadas podem se concentrar em diversificação relacionada, aproveitando seus pontos fortes existentes. O relacionamento influencia positivamente a diversificação tecnológica e que regiões especializadas em tecnologias complexas tendem a crescer mais rapidamente. Autores enfatizam a importância de aproveitar as capacidades regionais existentes e sugere um equilíbrio entre a orientação política de cima para baixo (*top-down*) e a descoberta empreendedora de baixo para cima (*bottom-up*), e reconhecem a

⁵ Seguindo o conceito de *relatedness* (relacionamento), a diversificação econômica regional tende a priorizar setores que já estão relacionados com a estrutura produtiva existente. Evidências empíricas demonstram que a diversificação econômica tende a ocorrer em direção a setores que compartilham capacidades similares de produção, conforme resumido pelo Princípio de Relacionamento (Hidalgo et al., 2018).

necessidade de mais pesquisas para abordar questões como o papel do conhecimento não tecnológico, o equilíbrio entre abordagens de cima para baixo e de baixo para cima, e a importância da governança institucional para apoiar a especialização inteligente.

Ambas, diversificação e difusão tecnológica, são influenciadas por fatores diversos, tais como a presença de universidades e institutos de pesquisa, instituições e agências governamentais fomentadoras de inovação e mão de obra qualificada detentora de conhecimentos técnicos e tecnológicos. Quatraro e Scandura (2024), por exemplo, argumentam que a presença de inventores acadêmicos pode influenciar esse processo, introduzindo novos conhecimentos e capacitações tecnológicas às regiões nas quais estão inseridos. Ao analisar a relação entre o patenteamento acadêmico e a diversificação regional, contribuem para uma melhor compreensão dos fatores que moldam os sistemas regionais de inovação e o desenvolvimento econômico, que atravessa as questões sociais, econômicas e ambientais.

Romero et al. (2021) demonstram correlação positiva entre complexidade econômica e desempenho econômico, apontando que municípios e microrregiões com estruturas produtivas mais diversificadas e sofisticadas tendem a apresentar maiores níveis de PIB per capita e geração de empregos formais. Com base em dados de emprego e replicando achados da literatura internacional, realizam uma aplicação empírica para Belo Horizonte, que ilustra o potencial prático da abordagem, ao indicar setores como máquinas, eletrônicos e serviços tecnológicos como vetores de transformação estrutural. Ao enfatizarem a importância das externalidades de conhecimento e da proximidade cognitiva entre setores para estratégias de diversificação inteligente, oferecem subsídios analíticos e operacionais para o desenho de políticas públicas voltadas à superação de armadilhas de desenvolvimento regional.

Tratar de desenvolvimento regionais na contemporaneidade deve levar em consideração as questões ambientais. No que se refere aos desafios recentes da emergência climática e da transição verde, ligada à geração de condições de oportunidades econômicas que garantam a perenidade humana, Jakobsen et al. 2022, em artigo aplicado à Noruega Ocidental, destacam que os diferentes caminhos de transição industrial dentro de uma região são influenciados por uma variedade de combinações de políticas públicas, e a reestruturação verde regional envolve um conjunto complexo de políticas implementadas em diferentes níveis de governança. Mesmo os setores tradicionais - ou ditos marrons - podem e devem buscar soluções técnicas para viabilizar tecnologias ambientais que viabilizem tanto a competitividade quando a internalização de custos ambientais no processo, promovendo dessa maneira o desenvolvimento regional sustentável.

3. Dados e Metodologia

Para analisar a relação entre complexidade econômica e a difusão do progresso técnico nas microrregiões brasileiras, este estudo adota uma abordagem quantitativa baseada em indicadores derivados de dados da Relação Anual de Informações Sociais, por meio da plataforma DataViva. Utiliza-se o ICE-R, juntamente com os indicadores de Distância e Ganho de Oportunidade, para mensurar o grau de sofisticação produtiva e o potencial de diversificação das regiões, cujos dados estão disponíveis ao público na plataforma DataViva. Dados e estatísticas referem-se ao ano de 2021 e para o caso dos empregos difusores do progresso técnico, seu recorte se limita à indústria de transformação, conforme proposto por Cavalcante (2014). Os fornecedores especializados ou difusores do progresso técnico possuem inserção em vários outros setores como insumos de capital. Geralmente firmas pequenas e localizadas próximas aos usuários, conhecimentos especializados e tácitos, existência de elevada possibilidade de apropriabilidade tecnológica; fazem uso de

conhecimento e aprendizado gerados em empresas intensivas em produção no desenvolvimento tecnológico de produtos diferenciados em qualidade e desempenho.

A difusão do progresso técnico é operacionalizada por meio da identificação de microrregiões com especialização relativa em setores DPT, conforme a tipologia proposta por Pavitt (1984). A taxonomia de Pavitt, adaptada por Cavalcante (2014), revela que setores difusores do progresso técnico (DPT) são fundamentais para os processos associados ao aprendizado tecnológico, atuando como pontes entre capacidades existentes e novas oportunidades de sofisticação produtiva (Hidalgo et al., 2018). Para isso, calcula-se o indicador de Vantagem Comparativa Revelada (RCA) e sua versão binária, considerando um critério de significância mínima de emprego setorial. A análise estatística inclui a construção de matrizes de correlação e tipologias cruzadas entre os indicadores de complexidade e especialização tecnológica, visando identificar padrões territoriais de estrutura produtiva e de potencial inovativo.

3.1 Indicadores de complexidade

O DataViva, plataforma desenvolvida em parceria com o MIT e atualmente gerenciada pelo Cedeplar/UFMG, oferece uma ferramenta poderosa para analisar a complexidade econômica regional no Brasil. Utiliza dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para calcular indicadores de complexidade, como densidade produtiva e ganho de oportunidade, em diferentes níveis geográficos. Ao criarem alternativas às limitações dos dados de exportação, a plataforma implica em uma análise mais precisa e detalhada da estrutura produtiva brasileira, subsidiando a formulação de políticas públicas mais eficazes para o desenvolvimento regional, como sublinham Freitas et al. (2023).

A mensuração da complexidade econômica regional, trazida em Freitas et al. (2023), adota a metodologia dos reflexos, conforme proposto por Hidalgo et al. (2009), adaptando-a para o contexto brasileiro com o uso de dados de massa salarial da RAIS, seguindo Freitas (2019). Calcula-se os indicadores do RCA para cada região em cada ano, conforme Balassa (1965). O RCA, nesse caso equivalente ao quociente locacional (QL), identifica os setores em que cada microrregião apresenta especialização produtiva, considerando a distribuição da massa salarial em relação à média das demais microrregiões. Ao analisar a massa salarial, a premissa é que regiões com maior concentração salarial em determinado setor possuem vantagem comparativa nesse setor, o que implica em maior competitividade. Dessa forma, a complexidade econômica regional é avaliada a partir da diversidade e ubiquidade dos produtos em que as regiões apresentam vantagem comparativa, refletindo a sofisticação produtiva e as capacidades locais. Segue fórmula do QL:

$$O_{s,o} = \frac{W_{s,o}/W_s}{W_o/W} \quad (2)$$

em que: $W_{s,o}$ é a massa salarial da ocupação o no setor s ; W_s é a massa salarial total do setor s na microrregião; W_o é a massa salarial total da ocupação o na microrregião; e W é a massa salarial total em todas as microrregiões. O numerador indica a participação da ocupação o no total de empregos da região s . O denominador mede a participação da ocupação o no total de empregos do país.

Com base na matriz de vantagens comparativas reveladas, os autores calcularam os indicadores de diversificação regional e ubiquidade dos produtos (Freitas et al., 2019). A diversificação regional mede a variedade de setores em que uma região apresenta especialização, enquanto a ubiquidade indica a frequência com que um determinado produto

é produzido com vantagem comparativa em diferentes regiões. A partir desses indicadores, aplicou-se o método dos reflexos, que consiste em iterações sucessivas entre a diversificação e a ubiquidade, a fim de capturar as interrelações entre as capacidades produtivas das regiões. O autovetor associado ao segundo maior autovalor da matriz resultante do processo iterativo foi utilizado para calcular o índice de complexidade econômica regional (ICE-R), que mede a distância de cada região em relação à média de complexidade, refletindo sua posição na hierarquia de complexidade produtiva. O ICE-R é dado por:

$$ICE - R^{\vec{r}} = \frac{R^{\vec{r}} - \langle R^{\vec{r}} \rangle}{dpR^{\vec{r}}} \quad (3)$$

Onde $\langle \rangle$ denota a média, e dp denota o desvio padrão de $R^{\vec{r}}$; $R^{\vec{r}}$ indica o valor bruto do índice de complexidade região r ; $\langle R^{\vec{r}} \rangle$ é a média de $R^{\vec{r}}$ para todas as regiões. Essa equação padroniza o índice de complexidade econômica regional, transformando os valores Rr em um índice com média zero e desvio padrão 1.

O indicador Distância média mede o afastamento entre um dado setor em relação à estrutura produtiva atual de uma região, significando a dificuldade desta região em atingir uma vantagem comparativa neste setor. Do ponto de vista prático, a medida de distância indica quão afastado da estrutura produtiva atual de uma região está um dado produto, e expressa a dificuldade de esta região obter vantagem comparativa neste produto. A distância microrregional é obtida pela média dos produtos dessa economia local.

Hausmann e Klinger (2006) identificaram a necessidade de incorporar ao *Product Space* uma métrica capaz de quantificar a distância entre um produto e a estrutura produtiva de uma determinada região. Essa medida de distância, ao expressar o grau de afastamento de um produto em relação às capacidades produtivas existentes, permite avaliar a dificuldade de uma região em adquirir vantagem comparativa nesse produto específico. A premissa subjacente é que a produção de diferentes bens requer conjuntos de conhecimentos distintos, sendo que a proximidade entre esses conjuntos facilita a diversificação produtiva. Desse modo, produtos que se encontram próximos a outros já dominados pela região demandam menor esforço para serem incorporados à sua cesta exportadora, uma vez que parte dos conhecimentos necessários já se encontra disponível localmente. A distância, nesse contexto, representa a quantidade de novos conhecimentos que uma região precisa assimilar para produzir e exportar um determinado bem com sucesso. Consequentemente, quanto maior a distância, maior será o desafio de adquirir a vantagem comparativa e mais longo o caminho para a diversificação produtiva.

Partindo do cálculo do indicador de proximidade, é possível estimar a distância entre um determinado produto e a estrutura produtiva de uma região (HAUSMANN; KLINGER, 2007). Essa medida pode ser interpretada como o grau de dificuldade que uma região (por exemplo, um país) enfrentaria para desenvolver vantagem comparativa em um produto específico (como, por exemplo, smartphones). A distância é obtida a partir da soma das proximidades entre o produto em questão e todos os produtos nos quais o país ainda não possui vantagem comparativa, normalizada pela soma das proximidades entre esse produto e todos os demais produtos da economia. Em termos práticos, se o país c já exporta grande parte dos produtos conectados ao produto p , então a distância será pequena (próxima de zero); por outro lado, se exporta apenas uma pequena fração dos produtos relacionados a p , a distância será maior, tendendo a 1.

$$Distância_{cp} = \frac{\sum_{c=1}^N (1 - M_{cp}) \varphi_{cp}}{\sum_{c=1}^N \varphi_{cp}} \quad (4)$$

Onde $Distância_{cp}$ mede o quão distante está uma região c de obter vantagem comparativa (RCA) no produto p ; M_{cp} é 1 se a região c exporta produto p com RCA e 0 caso não exporta com vantagem; φ_{cp} é a proximidade entre os produtos p e p' , ou seja, a probabilidade de dois produtos serem coexportados, o que pode refletir o compartilhamento de capacidades produtivas entre eles, segundo Hausmann e Klinger (2006). O numerador soma as proximidades com produtos que não são exportados com RCA e o denominador soma todas as proximidades do produto p com os demais produtos do *Product Space*.

Embora a diversificação produtiva seja crucial para o desenvolvimento econômico, a simples adição de novos produtos à cesta exportadora de uma região nem sempre resulta em um aumento significativo da complexidade econômica. Neste contexto, Hausmann et al. (2011) introduziram o conceito de "ganho de oportunidade", que quantifica a contribuição marginal de um novo produto para a complexidade produtiva de uma economia. A premissa é que a introdução de um novo produto pode desencadear um processo de diversificação mais ampla, abrindo caminho para a produção de bens mais sofisticados e complexos. Com base nessa perspectiva, Freitas et al 2023 adaptam a proposta de Hausmann et al. (2011) para o contexto regional – com os indicadores de emprego e massa salarial –, desenvolvendo o indicador de Ganho de Oportunidade Regional (GO-R).

O Ganho de oportunidade médio mede o acréscimo de complexidade econômica que um setor dará a uma região, na média, ou seja, a contribuição de um produto para a complexidade da economia da região analisada. Como no caso anterior, o indicador microrregional representa a média dos produtos. Formalmente:

$$GO - R_{rs} = \sum_s \frac{p_{ss}}{\sum_{s'} p_{ss'}} (1 - M_{rs}) ICA - R_s \quad (5)$$

O r representa a região r ; o s representa o setor produtivo ou ocupação dentro de r ; o s' são os demais setores ou ocupações no *Product Space*; $p_{ss'}$ indica a proximidade entre o setor s e outros setores s' ; $\sum_s \frac{p_{ss}}{\sum_{s'} p_{ss'}}$ normaliza a proximidade para virar um peso relativo, garantindo assim que a soma dos pesos seja 1; M_{rs} é matriz binária que indica se a região r já têm RCA no setor s (1 se sim, 0 se não); $(1 - M_{rs})$ foca apenas nos setores que ainda não estão presentes na região, para indicar as oportunidades de diversificação; $ICA - R_s$ é o índice de Complexidade Associado Regionalmente ao setor s' , mostrando o quão sofisticado é o setor com base em sua distribuição pelas regiões.

Hidalgo et al. (2007) revelaram que a capacidade de um país diversificar sua produção e alcançar maior complexidade econômica está intrinsecamente ligada à sua posição no chamado Espaço de Produtos (*Product Space*) – calculado a partir da similaridade das capacidades produtivas necessárias para fabricar diferentes bens. Países menos desenvolvidos tendem a ocupar posições periféricas, com produtos que apresentam poucas conexões com outros bens, característica que restringe suas possibilidades de diversificação, uma vez que a produção de novos produtos geralmente requer a existência de capacidades produtivas relacionadas, como discutimos anteriormente. Por outro lado, países desenvolvidos ocupam

posições centrais no Espaço de Produtos, com uma ampla gama de produtos conectados, o que facilita a transição para novos setores e a absorção de tecnologias mais sofisticadas.

3.2 Cálculo do RCA

O indicador de Vantagem Comparativa Revelada (RCA) permite identificar as microrregiões brasileiras que possuem uma especialização relativa nos setores difusores do progresso técnico em comparação ao padrão nacional. O RCA foi calculado utilizando a metodologia tradicional, onde a participação relativa do emprego em setores DPT dentro de cada microrregião é comparada à participação relativa desses mesmos setores no total do país. As microrregiões com RCA superior a 1 são consideradas especializadas, pois possuem uma concentração proporcionalmente maior de empregos em setores DPT em relação à média nacional.

$$RCA = \frac{X_{ij}}{X_{it}} / \frac{X_{nj}}{X_{nt}} \quad (1)$$

Onde: X_{ij} refere-se a emprego do setor j na região i ; X_{it} indica o total de empregos região i ; X_{nj} é o total de empregos do setor j no conjunto de regiões; X_{nt} indica o total de empregos no conjunto de regiões de todos os setores.

Além do valor contínuo do RCA, foi construída uma variável binária que classifica as microrregiões como especializadas (RCA binário = 1) quando o RCA supera o valor de 1, indicando vantagem comparativa revelada, desde que observada uma massa mínima de empregos no setor para garantir relevância estatística (no caso aqui, a quantidade deve ser maior que 1000 empregos). Na próxima seção apresentamos e discutimos os resultados.

4. Resultados e Discussão

Conforme discutido nas seções anteriores, o conceito de complexidade produtiva está diretamente relacionado à sofisticação das atividades realizadas em um território. Isso significa que regiões com maior complexidade não apenas abrigam um número maior de atividades produtivas, mas também concentram aquelas que demandam competências técnicas mais avançadas, maior intensidade tecnológica e maior inserção em cadeias produtivas complexas. Assim, o ICE-R se configura como uma medida que captura não apenas a quantidade, mas principalmente a qualidade das capacidades tecnológicas locais.

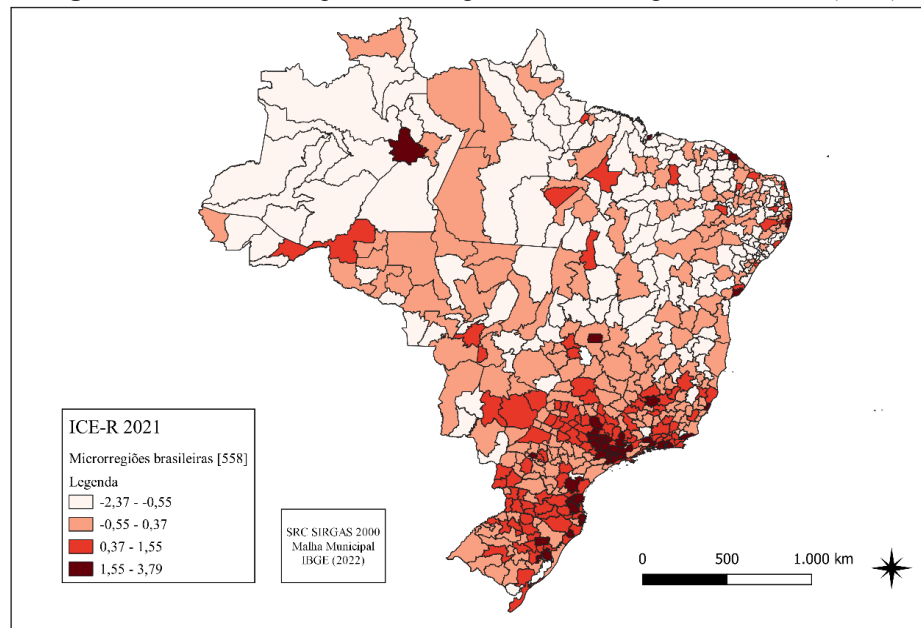
As cinco microrregiões que apresentam os maiores valores de ICE-R no país são: São Paulo (3,79), Brasília (3,68), Osasco (3,65), Rio de Janeiro (3,42) e Porto Alegre (3,13). Esses territórios correspondem a centros urbanos de grande porte, com elevada densidade industrial, forte presença de serviços avançados e instituições públicas e privadas que impulsionam a inovação e o desenvolvimento tecnológico.

Os menores índices foram registrados nas microrregiões do Baixo Parnaíba Maranhense – MA (-1,92), Cotegipe – BA (-1,95), Japurá – AM (-2,17), Litoral Ocidental Maranhense – MA (-2,27) e Traipu – AL (-2,37). Essas regiões tendem a enfrentar maiores desafios para a geração de empregos qualificados, atração de investimentos e desenvolvimento sustentável, refletindo desigualdades estruturais na distribuição das capacidades produtivas no território nacional.

Françoso et al. (2024) classificam as regiões brasileiras em três grupos: centrais, intermediárias e periféricas. As regiões centrais, como a Região Metropolitana de São Paulo, são mais dinâmicas e diversificadas, com uma estrutura econômica mais complexa e mão de obra mais qualificada. As regiões intermediárias, como o Nordeste do Rio Grande do Sul,

apresentam um nível intermediário de desenvolvimento e oportunidades de diversificação em atividades de média complexidade. Já as regiões periféricas, como Cotegipe (BA), possuem estruturas econômicas mais frágeis e oportunidades de diversificação limitadas, principalmente em atividades de baixa complexidade. Autores sugerem trajetória na qual regiões mais desenvolvidas, em termos de sua complexidade – como é o caso de Curitiba (3,26) e Belo Horizonte (2,58) – podem buscar diversificar em atividades mais complexas, enquanto as regiões menos desenvolvidas – Portel (-1,65) e Purus (-1,72) podem priorizar a o adensamento da economia local e a colaboração com outras regiões mais avançadas.

Figura 1 - Índice de Complexidade Regional – Microrregiões brasileiras (2021)



Fonte: Elaboração própria com dados do DataViva. **Software:** QGis. **Nota:** a Quebra Natural de Jenks foi utilizada para distribuir as microrregiões em grupos seguindo características de variância dos indicadores⁶

Dias e Martinelli Jr. (2021), em estudo aplicado aos estados brasileiros mais industrializados, a predominância de empregos técnicos em estados como São Paulo e Minas Gerais, o que reflete uma base de capacitações intermediárias, enquanto a ausência dessas ocupações em regiões como o Amazonas limita sua capacidade de absorver e difundir tecnologias complexas. Em cores mais escuras na Figura 2 estão os municípios mais distantes à estrutura produtiva local, com os tons mais claros sublinhando aqueles com mais facilidade de especializar-se em determinadas atividades econômicas.

É particularmente notável o contraste entre esse mapa e o apresentado na Figura anterior, com os níveis de complexidade econômica regional. Enquanto as regiões Sudeste e Sul do país continuam se destacando positivamente, observa-se um padrão claro de desvantagem estrutural nas regiões Norte e Nordeste, onde prevalecem altos valores de distância produtiva. Esse padrão sugere que, além de atualmente possuírem estruturas produtivas menos complexas, essas regiões também enfrentam maiores barreiras para avançar rumo a atividades mais sofisticadas, perpetuando, assim, um ciclo de especialização em setores de menor valor agregado. Além disso, a desindustrialização prematura no Brasil,

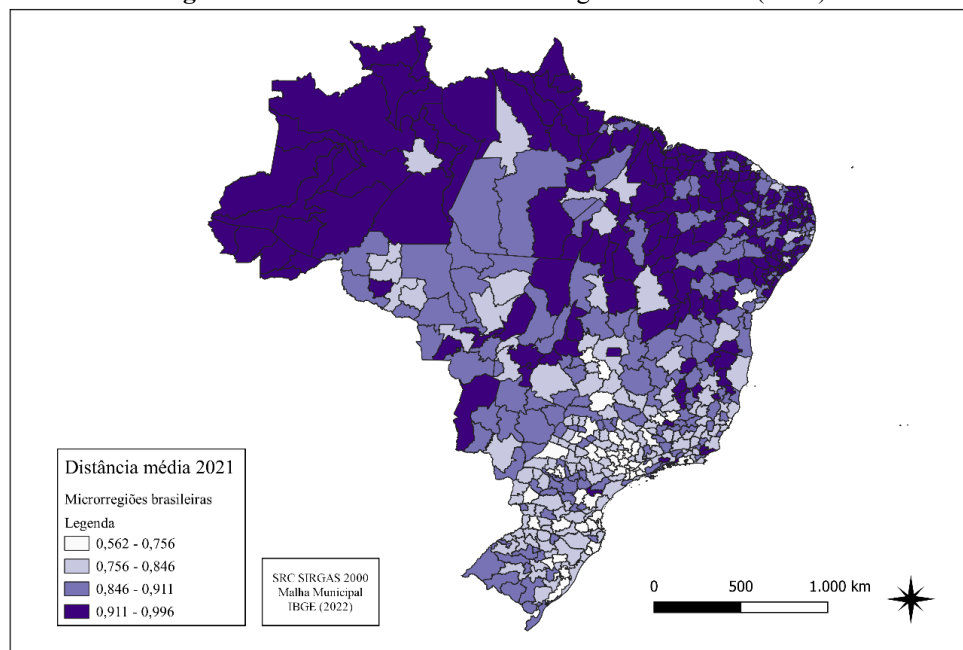
⁶ A Quebra Natural de Jenks, também chamada de Classificação de Quebras Naturais de Jenks, é um método estatístico usado para classificar dados em classes com base em agrupamentos naturais na distribuição desses dados. Os agrupamentos naturais se referem a grupos de dados que se formam naturalmente na distribuição dos dados, sem serem pré-definidos pelo usuário. O método identifica esses grupos buscando minimizar a variação de valores dentro de cada grupo e maximizar a variação entre os grupos

como analisado por Morceiro e Guilhoto (2019), corrói justamente os setores intensivos em conhecimento (como os DPT), aprofundando as assimetrias regionais observadas nos mapas.

Microrregiões como São Paulo (0,619), Sorocaba (0,595) e Campinas (0,562) exemplificam territórios com menor distância produtiva (Figura 3), o que indica um ambiente favorável à diversificação econômica orientada à sofisticação. Esses territórios já concentram uma ampla gama de setores produtivos interconectados, o que favorece a transição para novas atividades com base em competências existentes, efeito conhecido como desenvolvimento relacionado. Tais regiões, portanto, estão em melhor posição para consolidar e expandir vantagens competitivas em setores complexos.

No extremo oposto, microrregiões como Traipu – AL (0,996), Japurá – AM (0,992) e Litoral Ocidental Maranhense – MA (0,989) apresentam as maiores distâncias produtivas do país. Isso evidencia um grau elevado de desconexão entre as atividades econômicas que essas regiões atualmente desempenham e aquelas que poderiam ser desejáveis para fomentar uma trajetória de transformação produtiva. Essa desconexão impõe desafios significativos à formulação de políticas públicas eficazes de desenvolvimento regional, que precisam considerar não apenas os setores prioritários, mas também as capacidades locais e os custos de transição produtiva.

Figura 2 – Distância média – Microrregiões brasileiras (2021)

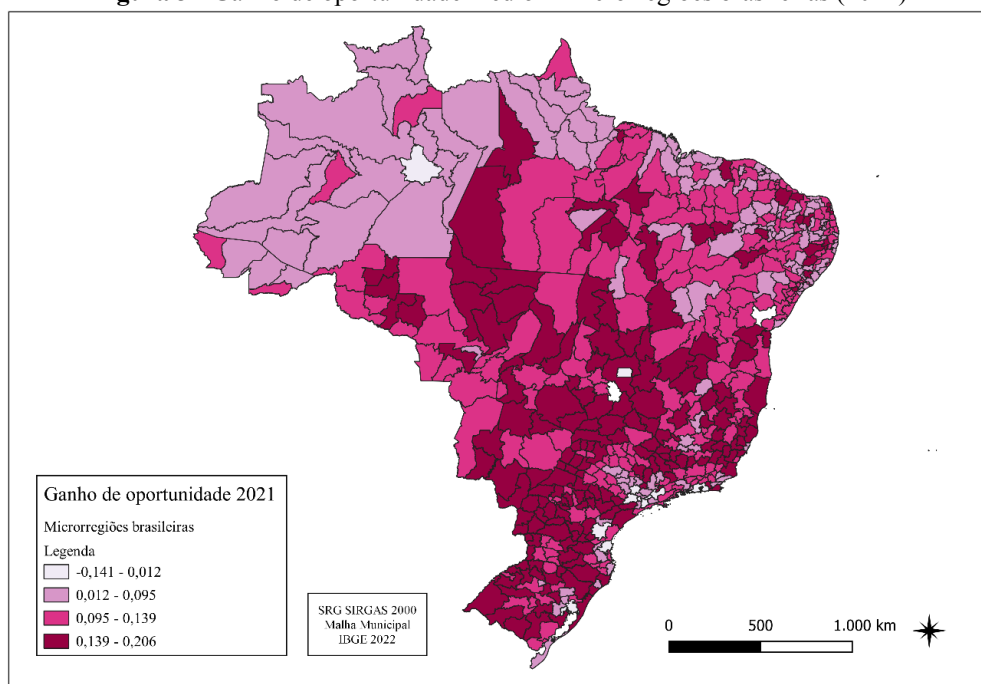


Fonte: Elaboração própria com dados do DataViva. **Software:** QGis. **Nota:** a Quebra Natural de Jenks foi utilizada

Com relação a Figura 3, quanto maior esse indicador, destacados pelos tons mais escuros, maiores as possibilidades de ganhos futuros de complexidade que a região poderá ter ao desenvolver suas atividades. Dentre as microrregiões com maior potencial de ganhos futuros de complexidade, destacam-se Entorno de Brasília (0,21), Passos – MG (0,20) e Ourinhos – SP (0,20). Esses territórios se beneficiam de estruturas produtivas diversificadas e conexões estratégicas com atividades de maior sofisticação que ainda não estão plenamente estabelecidas localmente. Isso os coloca em uma posição vantajosa para fomentar trajetórias de transformação econômica, especialmente se acompanhadas por políticas públicas que incentivem a inovação, qualificação da força de trabalho e desenvolvimento de infraestrutura tecnológica.

Por outro lado, microrregiões como Manaus – AM (-0,009), Guarulhos – SP (-0,042) e Rio de Janeiro – RJ (-0,057) apresentam valores relativamente baixos nesse indicador. Essa aparente contradição — uma vez que são regiões com alta complexidade econômica atual — pode ser explicada pelo fato de que grande parte das atividades sofisticadas já está instalada nessas localidades. Assim, os ganhos marginais de complexidade decorrentes da diversificação tendem a ser menores, e os novos saltos tecnológicos exigiriam investimentos significativamente mais elevados em capacitação, infraestrutura e inovação disruptiva

Figura 3 - Ganho de oportunidade médio – Microrregiões brasileiras (2021)



Fonte: Elaboração própria com dados do DataViva. **Software:** QGis. **Nota:** a Quebra Natural de Jenks foi utilizada

Como evidenciado nos três mapas anteriores, a complexidade econômica no Brasil apresenta forte concentração no eixo central, com destaque para o estado de São Paulo, e em regiões semi-periféricas da indústria nacional, como Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. Esse padrão é reforçado pela Figura 4, que destaca a localização dos empregos mais qualificados, especialmente em setores DPT.

A promoção da complexidade econômica requer não apenas diversificação setorial (Dias e Martinelli Jr., 2021), mas também a articulação entre skills técnicos (operacionais/intermediários) e políticas de inovação adaptadas aos regimes tecnológicos regionais (Fornari et al., 2014). Além disso, como ressaltado por Garcia et al. (2011), a escassez de ocupações tecnológicas em microrregiões periféricas exige investimentos em educação técnica e superior, alinhados às necessidades dos regimes tecnológicos locais para promover os transbordamentos de aprendizado interativo. Políticas de desenvolvimento regional devem combinar incentivos à diversificação relacionada (Hausmann e Klinger, 2006) com fortalecimento de capacidades tecnológicas intermediárias (Lall, 1992), especialmente em microrregiões que apresentam altos ganhos de oportunidade, como é o caso de , sem deixar de mapear as capacitações ligadas aos desenvolvimento sustentável, dimensão fundamental para o desenvolvimento regional.

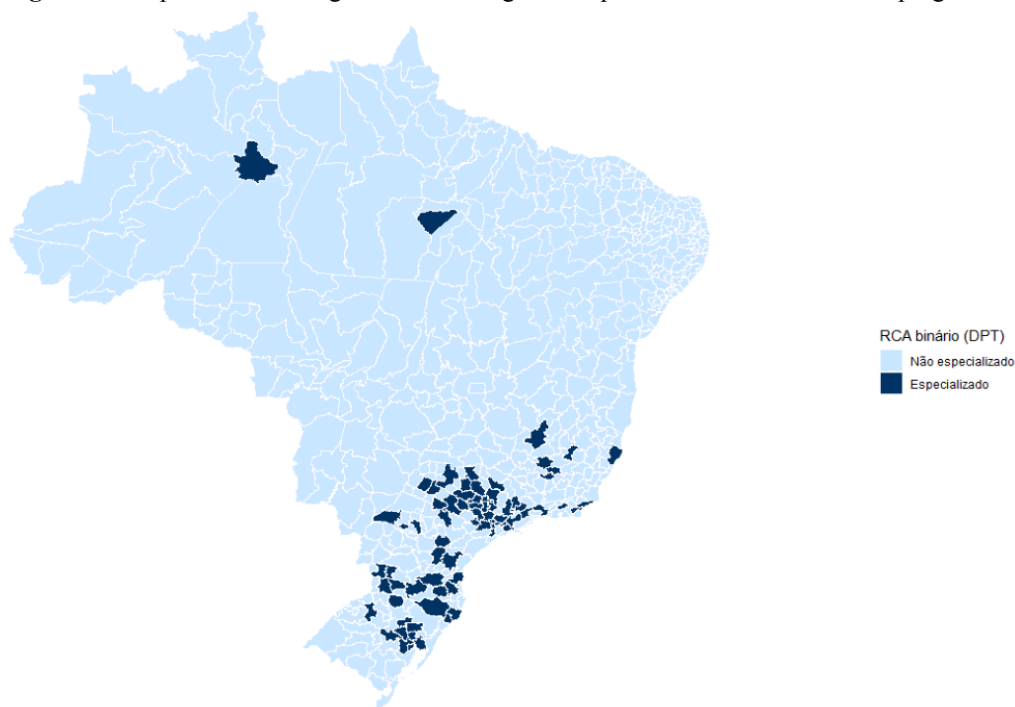
A análise da distribuição de empregos em setores difusores de progresso técnico (DPT), com base na classificação proposta por Pavitt, foi conduzida a partir do cálculo do RCA de empregos referentes aos setores difusores de progresso técnico. A Figura 4 apresenta

a espacialização dessas especializações por microrregião, revelando que 67 microrregiões brasileiras possuem RCA positivo em setores DPT, indicando, portanto, uma vocação produtiva voltada a atividades de maior intensidade tecnológica e potencial inovador.

Entre os estados brasileiros, São Paulo se sobressai como principal polo de especialização, com 30 microrregiões identificadas como especializadas. Esse resultado reflete a elevada diversificação e complexidade industrial do estado, historicamente consolidada e fortemente conectada às cadeias produtivas de bens de capital, equipamentos elétricos, e atividades intensivas em conhecimento. Na sequência, destacam-se Santa Catarina, com 10 microrregiões especializadas, Minas Gerais, com 9, Paraná, com 8, e o Rio Grande do Sul, com 3 microrregiões.

Além desses, a presença pontual de microrregiões com RCA positivo também foi observada nos estados do Amazonas, Pará, Espírito Santo e Rio de Janeiro, com uma microrregião especializada em cada. Embora essas ocorrências sejam isoladas, elas apontam para núcleos específicos de atividade econômica orientada à tecnologia, como é o caso da Zona Franca de Manaus.

Figura 4 - Mapa das Microrregiões com vantagem comparativa em setores com empregos DPT



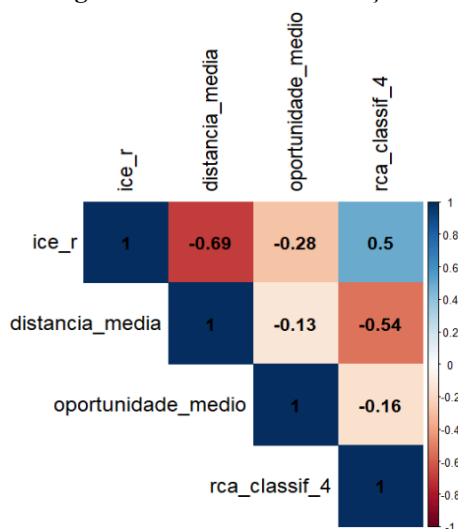
Fonte: Autores, utilizando os dados da RAIS para criar o mapa no R. **Software:** RStudio

Esse resultado evidencia a forte concentração geográfica da especialização em setores DPT no eixo Sul-Sudeste do país, com poucas exceções na Região Norte (localizadas em Manaus-AM e Parauapebas-PA). A análise do RCA binário reforça as disparidades territoriais da estrutura produtiva brasileira, corroborando os achados em Dias e Martinelli Jr. (2021). Na Figura 1, ICE-R destaca com as cores mais escuras os municípios mais complexos economicamente, com valores de ICE-R iguais a 1,55 ou superiores. Maiores níveis de complexidade econômica estão associados a regiões que apresentam maiores níveis de diversificação produtiva e que realizam atividades econômicas de maior sofisticação.

Um dos resultados relevantes deste estudo refere-se à análise da correlação entre os três principais indicadores de complexidade econômica regional, ICE-R, Distância Média e

Oportunidade Média, e o indicador do RCA das microrregiões em empregos nos setores DPT (Figura 5).

Figura 5 - Matriz das Correlações



Fonte: Autores

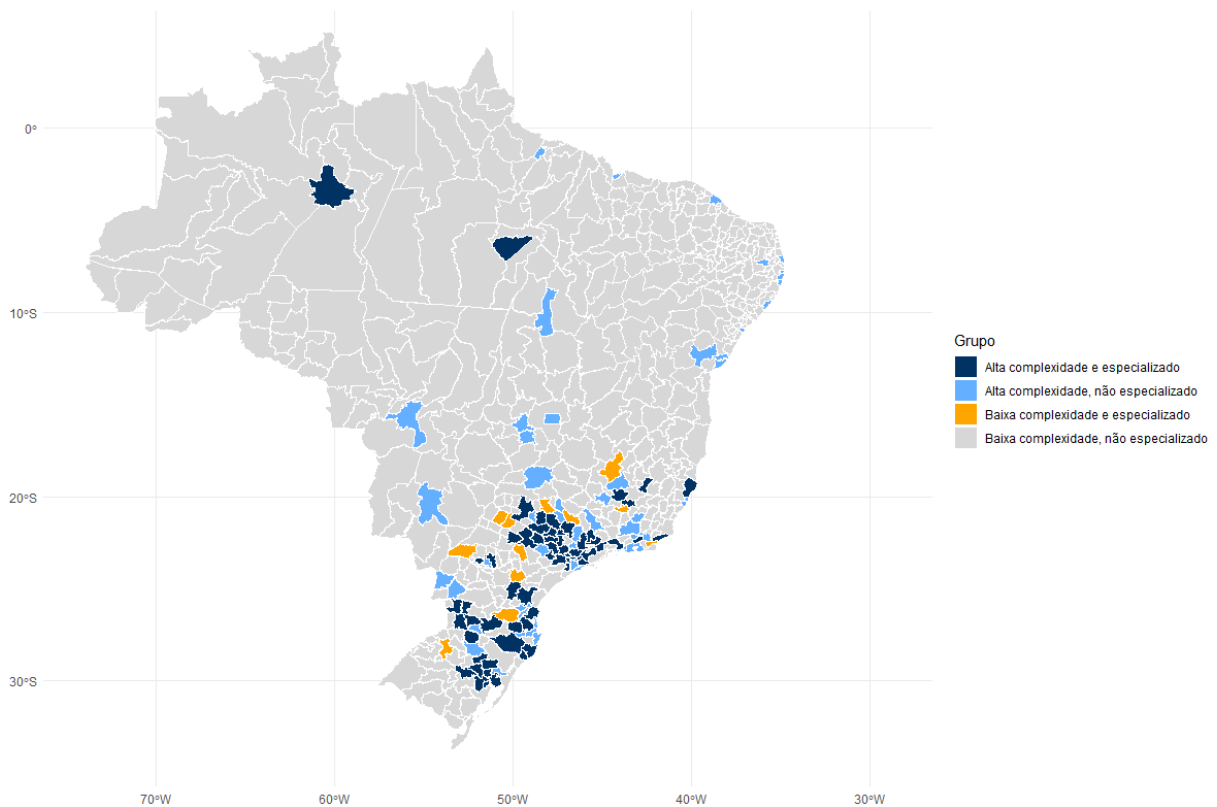
Observa-se a princípio uma correlação positiva moderada entre o ICE-R e o RCA ($r = 0,50$). Este resultado indica que microrregiões com maior complexidade econômica tendem, em média, a concentrar uma parcela mais elevada de empregos em setores considerados mais dinâmicos e que permitem difundir progresso técnico, o que está em linha com a literatura sobre trajetórias de desenvolvimento produtivo regional e com o objetivo da pesquisa. Em contrapartida, a Distância Média apresenta uma correlação negativa relativamente forte com o RCA ($r = -0,54$). Este achado é coerente com a interpretação teórica do indicador, já que regiões que possuem maior distância em relação a novas atividades produtivas têm menor inserção nos setores difusores do progresso técnico. Por sua vez, a Oportunidade Média exibe uma correlação negativa, porém mais fraca, com o percentual de empregos em DPT ($r = -0,16$). Esta associação é de baixa magnitude, sugerindo que o potencial para diversificação produtiva não se traduz, de maneira direta, em uma maior presença dos setores difusores do progresso técnico.

A partir da construção de uma tipologia que combina os níveis de complexidade econômica regional (ICE-R) com a especialização em setores difusores do progresso técnico (DPT), o mapa elaborado abaixo permite identificar padrões territoriais relevantes para a compreensão da estrutura produtiva das microrregiões brasileiras. O critério adotado considera como microrregiões de alta complexidade aquelas cujo ICE-R encontra-se acima do 80º percentil, enquanto a especialização setorial é definida pela presença de vantagem comparativa revelada (RCA) em setores classificados como difusores do progresso técnico.

É notório que a maioria das microrregiões brasileiras (77,6%) se enquadra no grupo de "baixa complexidade, não especializado", caracterizadas simultaneamente por baixa sofisticação produtiva e ausência de especialização em setores tecnologicamente dinâmicos. Em contraste, apenas 60 microrregiões (10,8% do total) reúnem os dois atributos mais desejáveis: elevada complexidade econômica e especialização em setores difusores do progresso técnico. Este grupo representa os territórios com maior densidade de capacidades produtivas e maior propensão a dinamizar processos de diversificação econômica orientados ao progresso técnico.

Destaca-se ainda a existência de 52 microrregiões (9,3%) classificadas como "alta complexidade, não especializado", sugerindo a presença de estruturas produtivas relativamente sofisticadas, mas sem inserção significativa em setores DPT. Essa condição pode sinalizar um potencial subexplorado para processos de transformação produtiva. Por fim, um grupo residual de 12 microrregiões (2,1%) aparece como "baixa complexidade e especializado", o que pode refletir a concentração de poucas atividades inovadoras em territórios com baixa diversidade econômica, cenário típico de enclaves produtivos.

Figura 6 - Mapa comparativo entre Complexidade e Especialização



Fonte: Autores

Observando o recorte das microrregiões com alta complexidade econômica e especialização em setores DPT, a maior concentração territorial se localiza nos estados do Sudeste e Sul do Brasil. O estado de São Paulo se destaca de maneira expressiva, abrigando 25 microrregiões que atendem simultaneamente aos critérios de alta complexidade produtiva e presença relativa elevada de empregos em setores DPT. Na sequência, aparecem Santa Catarina com 9 microrregiões, o Rio Grande do Sul com 8, Minas Gerais com 6, o Paraná com outras 6 microrregiões, Rio de Janeiro com três e Espírito Santo com 1. Esses resultados evidenciam a predominância das regiões mais industrializadas do país na combinação de sofisticação produtiva e difusão tecnológica, reforçando o padrão histórico de concentração de capacidades econômicas nessas localidades, conforme Cano, Morceiro e Guilhoto (2019), Fornari, Gomes e Morceiro (2014) e Dias e Martinelli Jr. (2021). Identificam-se algumas ocorrências no Norte do país, com a presença pontual de microrregiões nos estados do Amazonas e Pará. Embora em número bastante reduzido, esses casos sinalizam a existência incipiente de enclaves territoriais de dinamismo produtivo fora do eixo tradicional concentrado no Sudeste e Sul do Brasil.

5. Conclusão

Este artigo teve como objetivo analisar a estrutura produtiva das microrregiões brasileiras com base em indicadores de complexidade econômica, sofisticação produtiva e concentração relativa de empregos em setores difusores do progresso técnico (DPT), a partir de dados da RAIS (2021) e da plataforma Dataviva. Os resultados evidenciam um padrão marcadamente desigual de complexidade econômica no território nacional, com microrregiões do Sudeste e Sul ocupando posições mais avançadas, enquanto amplas parcelas das regiões Norte e Nordeste permanecem ancoradas em estruturas produtivas de menor sofisticação, centradas em serviços públicos e atividades comerciais de baixa intensidade tecnológica.

A incorporação de medidas como distância à fronteira tecnológica e ganho de oportunidade permitiu qualificar a análise, ao revelar, por um lado, as assimetrias estruturais do desenvolvimento regional e, por outro, a existência de potenciais de diversificação em regiões hoje marcadas por baixa complexidade. Ainda que a agregação em escala microrregional possa implicar perdas relativas de precisão analítica, ela também favorece o desenho de estratégias territoriais mais integradas e sinérgicas, sobretudo quando articuladas a polos regionais já mais diversificados e tecnologicamente dinâmicos.

A análise dos empregos em setores DPT confirma a dispersão desigual das capacidades difusoras de progresso técnico, ao evidenciar que 77,6% das microrregiões apresentam baixa complexidade e ausência de especialização em setores tecnológicos, ao passo que apenas 10,8% reúnem simultaneamente elevada complexidade e presença em atividades difusoras, mas ainda superior e coerente à nossa hipótese. Além disso, a existência de um subconjunto de microrregiões classificadas como "alta complexidade, não especializadas" (9,3%) sugere a presença de bases produtivas sofisticadas ainda não articuladas com atividades tecnologicamente intensivas, resultado que aponta para janelas relevantes de política e investigação futura. Embora a correlação entre complexidade econômica e a presença de empregos DPT seja positiva, os resultados relacionados à Oportunidade Média e sua fraca associação com os setores difusores do progresso técnico também carecem de mais atenção, especialmente em relação às trajetórias potenciais de regiões hoje subutilizadas em termos de suas capacidades produtivas.

O esforço teórico e empírico empreendido nesse estudo reforça a tese de que o desenvolvimento regional requer políticas calibradas às especificidades territoriais, com foco na promoção da diversificação produtiva, na elevação do conteúdo tecnológico das atividades e na articulação em redes regionais de inovação. Diante dos desafios contemporâneos impostos pela desigualdade estrutural e pela busca de trajetórias de crescimento mais inclusivas e sustentáveis, a promoção da complexidade econômica, combinada a estratégias de difusão tecnológica e aprendizado produtivo, emerge como eixo estratégico para um desenvolvimento regional que seja simultaneamente sustentado e sustentável.

6. Referências Bibliográficas

AMARAL FILHO, Jair do. A endogeneização no desenvolvimento econômico regional e local. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 23, 2009.

BALLAND, P. A.; BOSCHMA, R.; CRESPO, J.; RIGBY, D. L. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. **Regional Studies**, v. 53, n. 9, p. 1252-1268, 2019.

CANO, Wilson. Concentração e desconcentração econômica regional do Brasil 1970/95. **Economia e Sociedade**, v. 6, n. 1, p. 101-141, 1997.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 34-45, jan./mar. 2005.

DIAS, L. C.; MARTINELLI JUNIOR, O. **Capacitações e potencial verde do Espírito Santo em 2018: aglomerados ocupacionais e caracterização da mão-de-obra**. In: **SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA INDUSTRIAL NEIT/IE/UNICAMP**, 1., 2020, Campinas. Anais do Seminário de Jovens Pesquisadores 2020. Campinas: NEIT/IE/UNICAMP, 2020.

DIEGUES, Antônio Carlos; ROSSI, Caroline Gut. Além da desindustrialização: transformações no padrão de organização e acumulação da indústria em um cenário de ‘Doença Brasileira’. Anais do [...]. XXI Encontro Nacional de Economia Política. São Bernardo do Campo, 2017.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: uma Breve Contribuição para o Desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 323-361, 2004.

FORNARI, Vinicius Cardoso de Barros; GOMES, Rogério; MORCEIRO, Marcos Paulo César. Atividades inovativas em indústrias de “baixa e média-baixa” tecnologias: um exame dos mecanismos de difusão da inovação. **Nova Economia**, v. 24, n. 1, p. 75-98, jan./abr. 2014.

FRANÇOSO, M. S.; BOSCHMA, R.; VONORTAS, N. Regional diversification in Brazil: the role of relatedness and complexity. **Growth and Change**, v. 55, n. 1, p. e12702, 2024.

FRATESI, U. **Definition and overview of regional policy**. In: FRATESI, U. (ed.). **Regional policy: theory and practice**. London: Routledge, 2024.

FREITAS, Elton Eduardo et al. DataViva: espaço de atividades e indicadores regionais de complexidade econômica. Belo Horizonte: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.

GARCIA, Renato et al. Geografia da inovação. Economia e ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global, v. 1, p. 1-622, 2017.

HAUSMANN, Ricardo; HIDALGO, César. **Country diversification, product ubiquity, and economic divergence**. 2010. Disponível em: <https://growthlab.cid.harvard.edu/publications/country-diversification-product-ubiquity-and-economic-divergence>.

HAUSMANN, R. et al. **The Atlas of Economic Complexity: mapping paths to prosperity**. Puritan Press, 2011, p. 364 .

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

HIDALGO, C.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.

HIDALGO, César A. et al. **The Principle of Relatedness**. In: MORALES, Alfredo J.; GERSHENSON, Carlos; BRAHA, Dan; MINAI, Ali A.; BAR-YAM, Yaneer. Unifying

Themes in Complex Systems IX: **Proceedings of the Ninth International Conference on Complex Systems**. 1ª ed. Cham, Suíça: Springer Nature Switzerland AG, pp. 454, 2019.

HIRSCHMAN, Albert O. Desenvolvimento por efeitos em cadeia: uma abordagem generalizada. **Estudos CEBRAP**, n. 18, p. 3-26, out./nov./dez. 1976.

GARCIA, R.; SILVA, C.; RIGHI, H. **Dimensão regional dos esforços de ciência, tecnologia e inovação no Estado de São Paulo**. In: Ricardo Renzo Brentani; Carlos Henrique de Brito Cruz; Wilson Suzigan, João Eduardo de Moraes Pinto Furtado, Renato Garcia. (Org.). **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo 2010**. 1 ed. São Paulo: Fapesp, 2011, v. 2, p. 81-853.

JAKOBSEN, Stig-Erik et al. Policy action for green restructuring in specialized industrial regions. **European Urban and Regional Studies**, v. 29, n. 3, p. 312-331, 2022.

LALL, S. Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, v. 20 n. 2, 165-186, 1992.

LUNDVALL, B. A.; NIELSEN, P. Competition and transformation in the learning economy-Illustrated by the Danish case. *Revue d'économie industrielle*, v. 88 n. 1, 67-89, 1999.

MORCEIRO, P. C.; GUILHOTO, J. J. M. **Desindustrialização setorial e estagnação de longo prazo da manufatura brasileira**. Department of Economics: Working Paper Series n. 2019-01, São Paulo, FEA-USP, 2019.

PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research policy*, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

QUATRARO, F.; SCANDURA, A. The contribution of academic inventors to regional technological diversification: the Italian evidence. *Journal of Economic Geography*, 2024.

ROMERO, J. et al. Economic complexity and regional economic development: evidence from Brazil. *EAEPE, Online Proceedings*, p. 1-22, 2021.

SALLES, Fernanda Cimini et al. A armadilha da baixa complexidade em Minas Gerais: o desafio da sofisticação econômica em um estado exportador de commodities. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 17, p. 33-62, 2022.

SZAPIRO, Marina; MATOS, Marcelo Gerson Pessoa de; CASSIOLATO, José Eduardo. **Sistemas de inovação e desenvolvimento**. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e (org.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global**. 2. ed. Belo Horizonte: Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

TODARO, Michael P.; SMITH, Stephen C. **Economic development**. Pearson UK, 2020.