



*Artigo premiado em 2º lugar no
Prêmio Fiemg de Economia 2025*

COMPLEXIDADE ECONÔMICA EM CADEIA: EFEITOS DE EQUILÍBRIO GERAL DAS POLÍTICAS DE DIVERSIFICAÇÃO PRODUTIVA

Lorenzo Corrêa Barichello
João Pedro Revoredo Pereira Da Costa



**I Prêmio FIEMG de Economia: Valorizando conhecimentos que
transformam a indústria**

Lorenzo Corrêa Barichello ⁽¹⁾

João Pedro Revoredo Pereira Da Costa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Cedeplar/UFMG

**Complexidade econômica em cadeia: efeitos de equilíbrio geral das
políticas de diversificação produtiva**

Complexidade econômica em cadeia: efeitos de equilíbrio geral das políticas de diversificação produtiva

Resumo

Este trabalho propõe uma forma de selecionar setores-alvo para políticas de diversificação produtiva a partir dos efeitos de equilíbrio geral. Uma análise nesse sentido foi aplicada ao estado de Minas Gerais, com simulações em equilíbrio geral computável (EGC) para setores sem vantagem comparativa revelada, mas com potencial produtivo. Os resultados mostram que a ordem dos setores recomendados pelo método com EGC difere da indicada pela métrica estática, destacando que setores industriais e de serviços gerariam maiores ganhos de complexidade econômica do que setores primários. O estudo evidencia efeitos regionais indiretos, reforçando a importância de políticas coordenadas que considerem interdependências regionais. O trabalho contribui ao integrar efeitos indiretos e induzidos na seleção de setores estratégicos para a diversificação produtiva, visando ao desenvolvimento econômico. Ainda, ilustra potenciais transbordamentos regionais que devem ser considerados na confecção da política de diversificação produtiva.

Palavras-chave: Complexidade Econômica; Política de Diversificação Produtiva; Equilíbrio Geral Computável.

Códigos JEL: O10; O25; C6.

1. Introdução

Desde os clássicos do desenvolvimento econômico, sustenta-se que desenvolver é transformar a estrutura produtiva, deslocando recursos para atividades mais intensivas em conhecimento e produtividade (PREBISCH, 1962; FURTADO, 1964; HIRSCHMAN, 1958; ANCOCHEA, 2007). Ao argumentarem que os setores diferem em sua capacidade de induzir crescimento, esses autores frisaram a importância de analisar a estrutura produtiva da economia (GALA, ROCHA & MAGACHO, 2018; BRITTO et al., 2019). Nas últimas décadas, a aceleração tecnológica tornou as atividades industriais ainda mais heterogêneas e dependentes de conhecimento produtivo altamente especializado (ROMERO et al., 2024), exigindo métricas e métodos capazes de capturar nuances que categorias amplas como “agricultura” e “manufatura” se mostram insuficientes.

Nesse contexto surge a literatura de complexidade econômica, entendida simultaneamente como campo de pesquisa e como um conjunto de métodos. Seu objetivo é compreender, representar e prever a evolução das estruturas produtivas, por meio de ferramentas da ciência de dados, ciência de redes, técnicas de álgebra linear e redução de dimensionalidade. Essas abordagens utilizam dados da geografia das atividades em alto nível de desagregação, preservando a identidade dos elementos observados e seus padrões específicos de interação (HIDALGO, 2021, 2023). A partir da ideia de que produtos que coexistem num território tendem a compartilhar capacidades produtivas, os métodos de complexidade oferecem uma perspectiva não agregativa capaz de explicar trajetórias de diversificação e inferir a sofisticação produtiva de localidades e atividades econômicas (HAUSMAN et. al, 2014; HIDALGO et. al, 2007, 2009).

O marco inicial dessa agenda é o Product Space (HIDALGO et al., 2007), rede construída a partir da probabilidade de co-exportação de bens entre países. Ao posicionar lado a lado os produtos que compartilham mais capacidades, a abordagem introduziu duas métricas associadas ao princípio da relatedness (HIDALGO, 2018): proximidade, que quantifica a afinidade entre pares de bens; e densidade, que mede o quão compatível um produto é com a estrutura produtiva vigente. Posteriormente, ao combinarem as medidas de diversidade e ubiquidade, Hidalgo e Hausmann (2009) introduziram os Índices de Complexidade dos Produtos (PCI) e das Economias (ECI).

Os índices de complexidade servem como proxy da sofisticação das atividades e das economias, enquanto as métricas de relatedness fornecem uma estimativa de factibilidade, ao quantificar a afinidade entre a base produtiva existente e possíveis novas entradas (HIDALGO

et al., 2007; HIDALGO & HAUSMANN, 2009; HAUSMANN et. al, 2014; HIDALGO, 2021, 2023; STOJKOLSKI e HIDALGO, 2025). Essa complementaridade deu origem aos diagramas *relatedness complexity*, que, ao organizarem as oportunidades disponíveis em quatro quadrantes, permitem a identificação de atividades que sejam simultaneamente compatíveis com a estrutura produtiva das localidades e atrativas. Essa lógica migrou para a prática de política, com destaque para a Estratégia de Especialização Inteligente da União Europeia (SSS), onde tais diagramas e indicadores são usados em diagnósticos e na formulação de portfólios recomendados de diversificação (BALLAND et. al, 2019).

Embora métodos mais avançados de seleção de atividades econômicas tenham sido propostos recentemente, a exemplo do Smart Diversification Score (SDS) de Romero et al. (2024) e do algoritmo de otimização da complexidade econômica de Stojkoski e Hidalgo (2025), que incorporam heurísticas mais refinadas, eles ainda não internalizam os efeitos de equilíbrio geral. Os próprios proponentes reconhecem essa lacuna: Stojkoski e Hidalgo (2025), por exemplo, admitem explicitamente que seu modelo não captura as interdependências sistêmicas do equilíbrio geral. Essa limitação motiva o presente artigo, que não pretende apresentar um novo método de seleção, mas, sim, utiliza um score simples baseado no diagrama de *relatedness-complexity* como referência para investigar efeitos em cadeia de políticas de diversificação produtiva.

Em particular, a abordagem proposta permite examinar: o quanto a lista de atividades selecionadas se altera ao incorporar os efeitos de equilíbrio geral, bem como as mudanças decorrentes sobre as cadeias produtivas envolvidas; como os setores de maior complexidade se relacionam com aqueles que geram os maiores aumentos de complexidade; os impactos indiretos e induzidos em outras regiões decorrentes dessas políticas; e de que forma as diferentes carteiras de atividades (considerando ou não os efeitos de equilíbrio geral) afetam variáveis macroeconômicas. É importante destacar que, ao introduzir essas comparações, o artigo busca refletir sobre efeitos negligenciados pelos métodos tradicionais. Desta forma, este trabalho busca contribuir metodologicamente para a literatura especializada ao incorporar uma abordagem de Equilíbrio Geral Computável (EGC) à análise de políticas de diversificação e sofisticação produtiva.

Para tanto, o trabalho se organiza em 5 seções, além dessa introdução. A seção 2 apresenta a revisão de literatura. A Seção 3 descreve a metodologia, os dados e as métricas adotadas. A Seção 4 apresenta os resultados. A Seção 5 discute implicações de política e a Seção 6 apresenta as considerações finais.

2. Métricas de complexidade econômica e relatedness

A literatura de complexidade entende o desenvolvimento como a acumulação e recombinação de capacidades produtivas (HIDALGO & HAUSMAN, 2014). Infere-se sua presença a partir dos padrões de especialização: economias que competem em muitos bens tendem a dominar produtos menos difundidos, que sinaliza um estoque maior de capacidades. A partir dessa ideia, Hidalgo e Hausmann (2009) propuseram o ECI e o PCI, estimados com base em dados desagregados de exportação, obtidos através da combinação das medidas de diversidade e ubiquidade, através do método dos reflexos.

Em nível subnacional, depender unicamente de dados de comércio é problemático: transações entre regiões não são capturadas, serviços pesam mais na economia local e a proximidade geográfica intensifica os fluxos de conhecimento. Para contornar isso, estudos têm estimado complexidade com emprego ou patentes (LO TURCO & MAGGIONI 2022; BUYUKYAZICI et al. 2023; ROMERO et al. 2024).

O princípio da relatedness (Hidalgo et. al, 2018) postula que a diversificação produtiva de uma economia segue caminhos condicionados por suas capacidades existentes. Em outras palavras, a probabilidade de um país ou região desenvolver uma nova atividade é maior quando ela é relacionada àquelas já presentes no local. Esse padrão foi formalizado por Hidalgo et al. (2007) na forma do Product Space, uma rede que conecta produtos por similaridade de capacidades produtivas. Os autores definiram uma medida de proximidade entre dois produtos como a afinidade produtiva derivada da co-exportação desses produtos.

A partir dessa medida, Hidalgo et al. (2007) construíram a rede do espaço do produto, conectando produtos com acima de um certo limiar. Essa rede exibiu uma estrutura modular e hierárquica: produtos intensivos em conhecimento (manufaturados) formam o núcleo densamente conectado, ao passo que produtos básicos (agrícolas) se situam na periferia com poucas conexões.

Com base na noção de proximidade, Hidalgo et al. (2007) introduziram também a métrica de densidade, que quantifica quão perto a estrutura produtiva de um país está de um determinado produto alvo. Assim, a densidade captura de forma descritiva o grau de afinidade entre um novo produto e o estoque de conhecimentos produtivos existentes na localidade (HIDALGO et. al, 2018). Hidalgo et al. (2007) observaram que produtos nos quais países conseguiram se inserir tendiam a apresentar densidades mais elevadas do que aqueles sem sucesso, revelando que regiões têm maiores probabilidades de diversificação quando cercadas por atividades relacionadas.

A literatura de complexidade econômica aponta que políticas de diversificação devem identificar setores simultaneamente viáveis e atrativos, capazes de romper padrões de especialização que mantêm localidades em trajetórias de baixo crescimento (HIDALGO, 2021,2023). Em outras palavras, as atividades prioritárias são aquelas em que o país ou região possui capacidades relativamente próximas e que, ao mesmo tempo, agregam elevado valor estratégico.

Uma representação gráfica comum é o diagrama complexidade–densidade, que dispõe potenciais setores com proximidade às competências produtivas existentes (factibilidade) e sofisticação produtiva (atratividade) (STOJKOLSKI, HIDALGO; 2025). Os setores situados no quadrante de alta densidade e alta complexidade aparecem como candidatos ideais.

Estudos consolidaram essa intuição ao propor métodos para diversificação inteligente. Hausmann et al. (2014), por exemplo, introduziram ferramentas para mapear oportunidades de diversificação que maximizam a complexidade alcançável dado o conhecimento produtivo. Hausmann e Chauvin (2015) aplicaram essa lógica ao caso de Ruanda, identificando mais de uma centena de produtos exportáveis na fronteira de conhecimento do país que eram factíveis e exibiam complexidade acima da média, além de forte demanda global e regional.

Esse princípio foi adotado por política recentes. No contexto da SSS da União Europeia, Balland et al. (2019) propuseram um arcabouço analítico baseado em *relatedness* e *knowledge complexity* para guiar a seleção de prioridades regionais. Importante notar que a ênfase na proximidade das atividades tem seus limites. Boschma (2021) argumenta que, embora a diversificação relacionada seja em geral preferível para aproveitar caminhos existentes, um enfoque exclusivamente em atividades muito próximas pode deixar regiões presas em trajetórias de baixa complexidade.

Os métodos de recomendação se tornaram mais quantitativos e multicritério, incorporando novas métricas e algoritmos para orientar a seleção de atividades. Romero et al. (2024) desenvolveram o Smart Diversification Score (SDS), índice composto que combina múltiplos indicadores para ranquear atividades promissoras em diferentes horizontes de tempo. Diferentemente dos diagramas, o SDS atribui pesos ótimos dentro de cada critério ao separar as regiões de acordo com seus níveis de complexidade em vez de escolhas subjetivas, refletindo um avanço em rigor metodológico. Além disso, a ferramenta indicou portfólios diversificados de oportunidades, mesclando setores de alta *relatedness* com setores menos relacionados, porém de alta complexidade.

Em paralelo, Stojkoski e Hidalgo (2025) introduziram um modelo de otimização para identificação de caminhos de diversificação. Em vez de selecionar setores com base em

rankings ou gráficos de complexidade–densidade, eles formulam a escolha como um problema de otimização.

Em suma, evidencia-se um aprimoramento metodológico: a seleção estratégica de setores está passando de inspeções visuais para técnicas mais robustas, seja via índices compostos ou via otimização. Para fins do presente trabalho, sem abandonar o foco central em complexidade econômica e relatedness, constrói-se um índice simplificado de priorização setorial, que permitirá analisar efeitos de equilíbrio geral sobre a seleção de atividades. A saber, combinando as medidas de densidade, RCA e métricas de sofisticação produtiva. A partir dele, pode-se avaliar, de forma comparativa, quão relevantes se mostram os efeitos de equilíbrio geral no redirecionamento ótimo da estrutura produtiva.

3. Metodologia

3.1. Dados

A construção da base de dados do modelo parte de dados nacionais, como a matriz de insumo produto de 2015 e das Tabelas de Recursos e Usos de 2015. Os dados nacionais estão dispostos conforme a Figura 1.

Figura 1: Estrutura dos dados nacionais

		1	2	3	4	5	6
		Produção	Investimento	Famílias	Exportações	Governo	Estoques
	Tamanho	← I →	← I →	← I →	← I →	← I →	← I →
Fluxos Básicos	I×S	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	I×S×M	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	n/a
Impostos	I×S×T	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	n/a
Trabalho	O	V1LAB					
Capital	1	V1CAP					
Terra	1	V1LND					
Impostos sobre produção	D	V1PTX					
Outros custos	1	V1OCT					

I = Número de indústrias (setores)
 S = 2: Doméstico, Importado
 O = Número de tipos de ocupação
 M = número de commodities utilizadas como margens
 T = Número de impostos indiretos (ICMS, IPI)
 D = Número de impostos sobre produção (PIS, COFINS, Outros)

	Matriz de produção conjunta
Tamanho	← I →
↑ I ↓	MAKE

	Impostos de importação
Tamanho	← 1 →
↑ c ↓	V0TAR

Fonte: Elaboração Própria.

A partir desses dados nacionais, utilizam-se dados regionais de salário, produção, consumo, população e comércio exterior, derivados de diversas fontes (RAIS, POF, Sistema de Contas Regionais, Secretaria de Comércio Exterior e Matriz de distâncias) para proceder a regionalização das informações.

Para encontrar a matriz de produção segmentada por estados e setores, adotou-se o proposto por Carvalho (2014). Realiza-se uma divisão de todas as participações através dos dados da massa salarial da RAIS por estado e por setor. Outro passo importante é a regionalização da matriz de insumo-produto para cada unidade da federação (UF). Novamente, adota-se o procedimento proposto por Carvalho (2014). Ou seja, realizou-se a desagregação regional em 27 UFs, assumindo que os setores estaduais possuem a mesma tecnologia do respectivo setor nacional, tanto para os insumos intermediários quanto para os fatores produtivos.

No caso do investimento e da variação de estoques, as participações estaduais foram distribuídas de acordo com a matriz de produção e a massa salarial da RAIS. O consumo das famílias por estado foi distribuído de acordo com dados da POF por produto. As exportações foram distribuídas por estado e setor com base nos dados da Secretaria de Comércio Exterior. Por sua vez, o consumo do governo foi distribuído de acordo com o PIB da administração pública das regiões e a matriz de produção.

3.2. Métricas de complexidade e relatedness e construção dos scores

A avaliação empírica parte de uma matriz de produção. O objetivo é derivar a partir dela as medidas da literatura de complexidade que serão utilizadas para a formulação dos scores de seleção de atividades. Para cada par (UF s , setor j), calcula-se o RCA baseado na produção de cada setor em cada estado. A partir disso, encontra-se a complexidade dos estados, dos setores e densidade associada a cada par (UF s , setor j).

À semelhança dos diagramas complexidade-densidade descritos na Seção 2.3, os dois indicadores usados neste artigo combinam densidade (viabilidade) com uma métrica de atratividade. Antes, impõe-se um filtro mínimo: o setor só entra no radar se a UF já exibir $RCA_{sj} \geq 0,5$. Esse limiar segue a prática dos scores multicritério (ROMERO et al., 2024).

O primeiro índice retoma a lógica complexidade-densidade apresentada na revisão de literatura e emprega o PCI como proxy da atratividade setorial. Ele combina a densidade setorial com o PCI tomando a estrutura produtiva como dada. Em outras palavras, o índice avalia a

atratividade de cada setor isoladamente e ignora como a expansão dessa atividade repercutiria nos demais setores. Para cada par estado (s) e setor (j), define-se o score estático como:

$$Score_{sj}^{PCI} = PCI_j \times \rho_{s,j} \quad (1)$$

Onde PCI_j é a complexidade econômica do setor e $\rho_{s,j}$ é a densidade do setor j em relação ao estado s.

Reconhecendo que a complexidade setorial isolada não capta os encadeamentos, constrói-se um segundo índice que substitui o valor estático do setor pelo ganho em cadeia de complexidade do estado alvo, quando um setor é expandido. O cálculo é análogo:

$$Score_{sj}^{\Delta ECI} = \Delta ECI_{s,j} \times \rho_{s,j} \quad (2)$$

Em que $\Delta ECI_{s,j} = ECI'_{s,j} - ECI_{s,j}$ equivale a variação do índice de complexidade do estado após o choque simulado.

É importante ressaltar que, num exercício estático, incluir um único setor à cesta de um estado qualquer, modifica o ECI dessa UF apenas na proporção do PCI desse setor. Nesse contexto o ganho marginal de complexidade cresce monotonicamente com o PCI, de modo que ordená-los por PCI equivale a ordená-los pelo incremento instantâneo de ECI que cada setor traria. Assim, quando usamos $PCI_j \times \rho_{s,j}$ no score estático e $\Delta ECI_{s,j} \times \rho_{s,j}$ no sistêmico, qualquer mudança de posição entre as duas listas só pode surgir dos efeitos de equilíbrio geral e não de diferenças na métrica de atratividade setorial.

3.3. Equilíbrio Geral Computável

Os modelos EGC podem ser definidos como um conjunto de equações que incorporam um histórico de conhecimentos econômicos, teóricos e empíricos no qual a economia é tida como um sistema de mercados interdependentes (HADDAD & DOMINGUES, 2003). Apresentam uma estrutura microeconômica detalhada, captando características setoriais e comportamentais de empresas, famílias e demais instituições na economia brasileira. Além disso, eles também podem produzir resultados em diversas escalas territoriais. O modelo EGC permite também considerar os efeitos de complementariedade produtiva e competitivos entre as regiões econômicas. Assim, projeções econômicas em modelos de simulação permitem compreender os mecanismos que uma política regional que levam à diferenciação das vantagens competitivas entre as regiões e da distribuição espacial das atividades econômicas e fatores de produção.

O modelo adotado para este trabalho é do tipo bottom-up, denominado Integrated Muliregional Applied General Equilibrium Model – Brazil (IMAGEM-B) (CARVALHO et al., 2019; MAGALHÃES et al., 2018). Essa categoria de modelo permite que cada sub-região especificada possa receber choques, além de ter maior riqueza de detalhes quanto a estrutura setorial, regional e as relações de comércio entre regiões. Para o trabalho em tela, o modelo está calibrado para as 27 UFs e com 125 setores. O IMAGEM-B é um modelo inter-regional cuja estrutura central é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização, e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados são definidos nesse bloco, como nível de emprego agregado e saldo comercial. A estrutura matemática do modelo é formada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são alcançadas na forma de taxa de crescimento. A estrutura teórica do modelo é análoga ao TERM (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005), MONASH e ORANI (DIXON et al., 1982).

Cada setor regional pode produzir mais de um bem usando fatores produtivos e insumos domésticos e/ou importados; a função de produção tem dois blocos, um para a composição dos produtos e outro para a composição de insumos, conectados pela atividade setorial. Há uma família representativa em cada região que consome bens domésticos (de diferentes regiões nacionais) e importados segundo preferências CES/Klein-Rubin: no primeiro nível ocorre substituição CES entre bens domésticos e importados, e no segundo os bens compostos são agregados via estrutura Klein-Rubin, resultando num sistema de despesas lineares em que o gasto acima do nível de subsistência de cada bem é parcela constante da despesa total de subsistência. “Investidores” formam novas unidades de capital minimizando custos com tecnologia hierarquizada análoga à da produção: primeiro uma CES combina bens domésticos e importados, depois um agregado de insumos intermediários em proporções fixas define a produção de capital, sem uso direto de fatores primários.

O resto do mundo é exógeno, com curvas de demanda por exportações negativamente inclinadas em relação aos preços. A demanda governamental regional soma os três níveis de governo e segue a renda regional; a variação de estoques liga-se ao nível de produção setorial. O emprego segue fechamento de curto prazo, que mantém o emprego endógeno. Há equilíbrio de mercado para todos os bens domésticos e importados e para fatores, com preços de compra iguais ao valor básico mais impostos sobre vendas ad valorem e margens.

3.4. Estratégia de simulação

Para realizar a análise de setores recomendados para uma política de diversificação produtiva, utiliza-se o estado de Minas Gerais (MG) como estudo de caso. Naturalmente, a magnitude desses efeitos depende da estrutura produtiva local, bem como das interações entre produção e consumo.

A simulação foi desenvolvida em etapas. Primeiro, identifica-se os setores mineiros que atualmente não apresentam vantagem comparativa revelada. Em seguida, aplicou-se um segundo filtro: foram considerados apenas os setores com $RCA_{sj} \geq 0,5$. Como resultado, foram selecionados 52 setores como candidatos à política de diversificação.

O passo seguinte consistiu em calcular, para cada setor identificado, um choque específico de produção necessário para que ele tenha RCA. Importante destacar que os setores que já possuem RCA foram excluídos das simulações, pois não adicionaram complexidade econômica à região e não apoiariam a ideia de uma política de diversificação, que consiste em entrar em novos mercados.

O foco da análise está em mensurar os efeitos intersetoriais gerados por cada um desses choques individualmente. Ou seja, ao simular um choque que leva o setor j a atingir RCA, busca-se compreender quais impactos totais dessa política sobre a sofisticação da economia mineira. O efeito direto é trivial de se notar: ao ganhar RCA, o setor passa a contribuir diretamente para o ECI da região. Já os efeitos indiretos e induzidos dizem respeito às repercussões sobre os demais setores: um setor com forte encadeamento produtivo pode estimular outros setores a também ganharem RCA.

Com essa lógica, foram realizadas 52 simulações. Em cada simulação, assume-se que a produção do setor selecionado cresce exogenamente em $X\%$, sendo X exatamente o incremento percentual necessário para que o setor atinja RCA. A produção dos demais 124 setores da economia mineira é mantida endógena, bem como do resto da produção da economia brasileira, permitindo capturar os efeitos sistêmicos do choque inicial. Assim, os ganhos de complexidade decorrentes da estrutura produtiva são estimados não apenas pelo crescimento do setor diretamente estimulado, mas também pelas respostas indiretas e induzidas nas cadeias produtivas.

Essa estratégia de simulação permite avaliar tanto efeitos setoriais dentro da economia mineira quanto desdobramentos regionais. Explica-se: como as demais produções setoriais de todas as regiões estão endógenas, setores de outros estados podem ganhar (ou perder) RCA, à medida que a política de diversificação é adotada. O ganho de RCA em um setor de outra

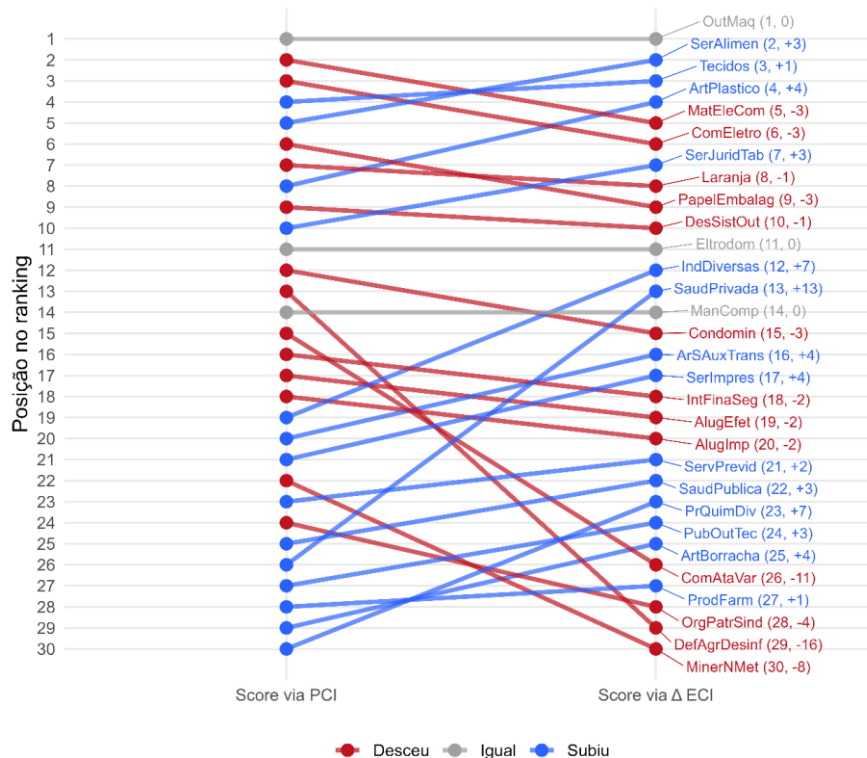
região pode ocorrer por meio de fornecimento de insumos produtivos para MG. Dessa forma, outras regiões com capacidades complementares à MG têm potencial para se beneficiar indiretamente. Por outro lado, a perda de RCA pode ocorrer caso uma região tenha capacidades concorrentes às da economia mineira. Um exemplo possível é a perda de mercado de uma região que esteja competindo com os produtos mineiros. Estes efeitos são captados pelas respostas endógenas do modelo EGC.

4. Resultados

Após proceder as simulações, organizou-se o conjunto de resultados evidenciando as diferenças de setores que são indicados por cada score. Além disso, avalia-se a relação entre Δ ECI e o PCI de cada setor, bem como o impacto dos 3 principais setores de cada score sobre indicadores macroeconômicos de MG. Outro ponto que é discutido são os efeitos indiretos de políticas de diversificação sobre a complexidade econômica das demais regiões.

A Figura 2 apresenta os dois rankings procedidos ao longo da análise. Na lista presente na esquerda da figura, estão os setores ordenados pelo score estático. Por sua vez, à direita da figura, encontra-se o ranking que considera efeitos sistêmicos, contabilizado a partir dos resultados do modelo EGC.

Figura 2: Evolução dos 30 setores mais bem ranqueados para MG pelos dois scores

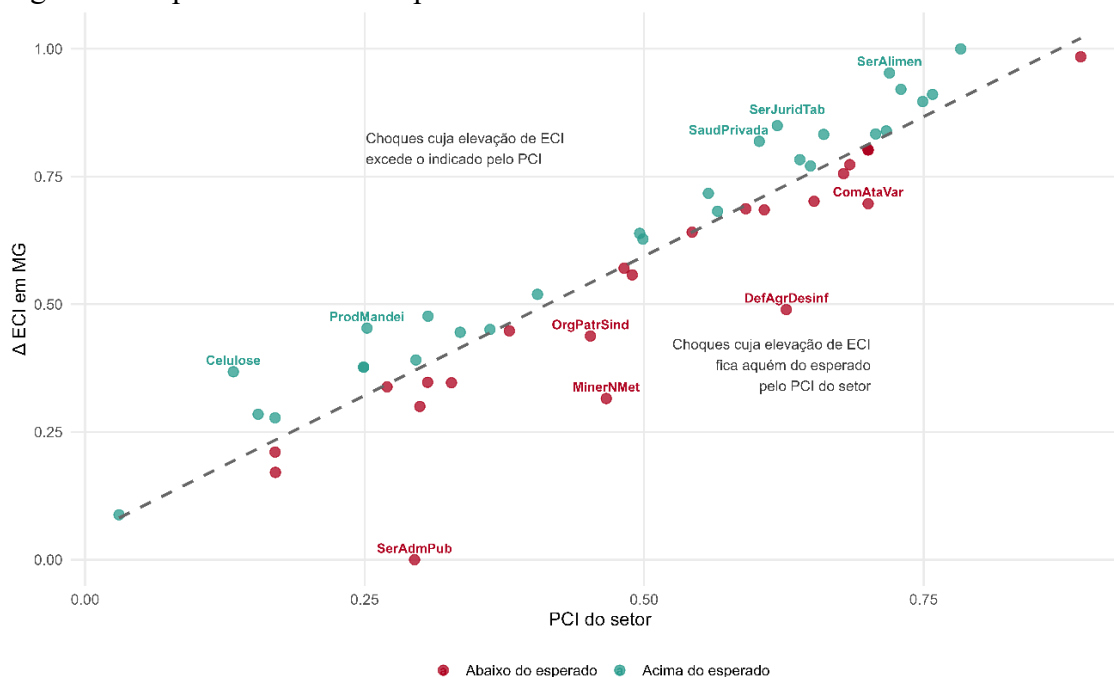


Fonte: Resultados das simulações. Elaboração Própria. Nota: Rótulo são posição Δ ECI e variação de posição.

Notadamente, os top 30 setores nas duas métricas são iguais, todavia o ordenamento é substancialmente diferente. Dentre os destaques, percebe-se que setores vinculados a agricultura e extração mineral são o que mais perdem posições entre as listas. Dois exemplos disso são os setores de defensivos agrícolas (perdeu 16 posições) e de minerais não metálicos (perdeu 8 posições). Por outro lado, setores industriais e alguns serviços foram os que mais ganharam posições, como o setor de saúde privada (ganhou 13 posições), indústrias diversas (ganhou 7 posições) e produtos químicos diversos (ganhou 7 posições).

Interessante notar que alguns setores apresentam ΔECI diferente do que seria esperado pelo seu nível de PCI (Figura 3). Exemplos que ilustram essa diferença são os setores de celulose e de minerais não metálicos. O primeiro apresenta um PCI inferior ao de minerais não metálicos, mas esse setor apresenta maior contribuição em termos de ΔECI . Essas diferenças acontecem pelos efeitos em cadeia que cada setor gera, devido aos efeitos indiretos e induzidos nos demais setores.

Figura 3: Dispersão dos setores por ΔECI x PCI



Fonte: Resultados das simulações. Elaboração Própria.

A título de comparação (Tabela 1), operacionalizou-se duas simulações adicionais, visando avaliar os dois top 3 setores recebendo choques em conjunto. Enquanto a lista do score PCI apresenta “outras máquinas e equipamentos”, “componentes eletrônicos” e “Material eletrônico e equipamentos de comunicações” como principais indicações, o score ΔECI indica “outras máquinas e equipamentos”, “serviços de alimentação” e “tecidos”. Ressalta-se que o “custo” de cada setor é diferente, em termos de ganhar RCA, característica essa que não é

devidamente endereçada pela literatura de complexidade ao recomendar setores para diversificação, pela natureza binária da matriz de especialização M_{cp} . O presente trabalho também não lida com esses diferentes “custos”.

Tabela 1: Resultados macroeconômicos de MG, comparação dos top 3 setores das listas de recomendação, em desvio %

Variável	Score PCI	Score ΔECI
PIB	0,64	1,17
Consumo das famílias	1,17	0,53
Salários	0,59	-1,09
Uso do capital	-0,48	1,99
Uso do trabalho	1,17	0,53
Importação regional	1,12	0,05
Exportação regional	0,04	1,33

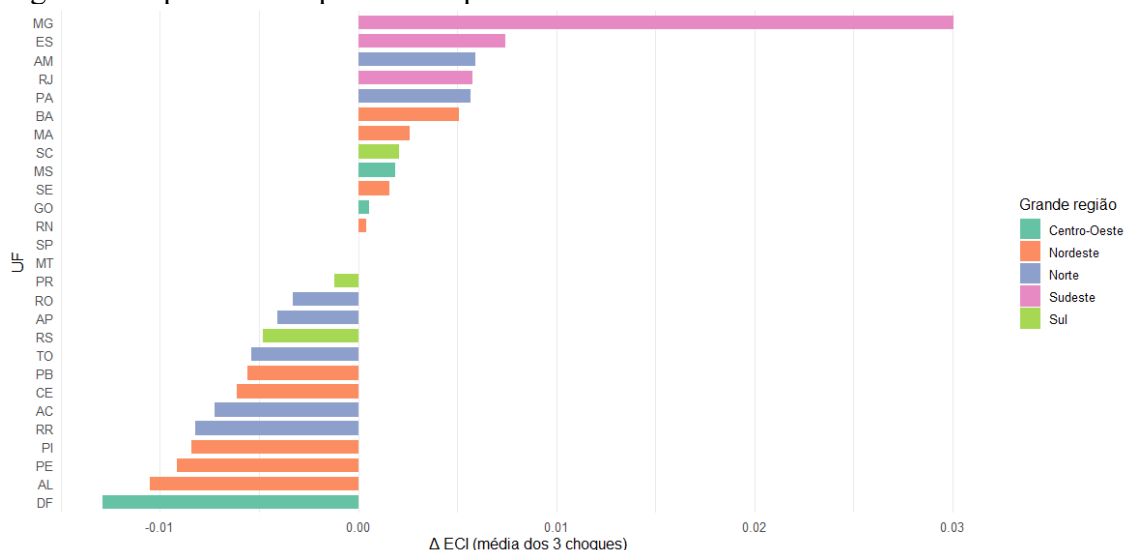
Fonte: Resultados das simulações. Elaboração Própria.

Esses resultados sugerem que o score que considera efeitos de equilíbrio geral geraria listas de recomendação que superam a lista de score estático em termos de PIB. Analisando pormenorizadamente, o score PCI encontraria aumento do PIB via aumento do consumo das famílias. A intuição por trás desse mecanismo é que os setores que receberam choque, bem como os demais setores que foram influenciados indiretamente, aumentariam o uso do fator trabalho e isso pressionaria os salários. Em consequência disso, as famílias mineiras usariam desse aumento de renda para aumentar seu consumo. Interessante notar que além do aumento no consumo, nota-se também um aumento nas importações regionais. Isso também se deve a pressão de consumo dada pelo aumento dos salários.

No que tange os resultados encontrados para score ΔECI , nota-se que o caminho é diferente. O aumento no PIB é mais relevante, além de ser guiado majoritariamente pelas exportações regionais. A saber, para essa simulação, encontra-se que MG aumentaria o uso de capital, com crescimento menos relevante no uso do trabalho. Esse crescimento relativamente menor seria refletido em diminuição dos salários, que, em última análise, geraria menor impacto no consumo.

O próximo passo da análise é compreender como MG e as demais UFs seriam impactadas em termos de ECI. (Figura 4).

Figura 4: Impacto dos top 3 setores pelo score ΔECI sobre o ECI das UF's



Fonte: Resultados das simulações. Elaboração Própria. Nota: ganho (ou perda) médio de ECI por UF.

Conforme esperado, MG é o estado mais beneficiado pela política de diversificação testada. Isso decorre pelos choques serem nessa UF. Além disso, percebe-se que o segundo estado mais beneficiado pela política é o Espírito Santo (ES), que apresenta uma economia bastante vinculada à mineira, muito em virtude da proximidade das regiões. Por outro lado, as UFs do norte e nordeste e o DF são as que mais perdem ECI em decorrência da política de diversificação testada. Essas regiões perdem mercados, e, por conseguinte, RCA à medida os setores mineiros ganham, implicando numa redução do indicador de sofisticação dessas regiões.

5. Implicações de política

Os resultados oferecem subsídios para melhorar o desenho de políticas de diversificação. Ao comparar diferentes scores de seleção de setores prioritários para diversificação, evidencia-se que a diferença na escolha de setores-alvo geraria diferentes efeitos em termos de crescimento econômico e sofisticação produtiva.

Notadamente, políticas desse tipo deveriam considerar efeitos indiretos e induzidos, representados pelos encadeamentos setoriais, e não apenas a sofisticação estática dos setores. Ou seja, incorporar métricas baseadas em ΔECI tornaria a política mais estratégica. Para tanto, mostra-se interessante incorporar modelagens de impacto sistêmico, como os modelos EGC, para capturar efeitos indiretos e induzidos. Ou, quanto limitado por dados, considerar nos desdobramentos que o estudo sugere.

A decorrência de utilizar o score que considera efeitos de equilíbrio geral é priorizar setores com maior encadeamento. Setores primários, ainda que tenham alto PCI, perdem

posição quando se avalia através do score ΔECI , indicando baixa capacidade de gerar encadeamentos produtivos sofisticados. Políticas de diversificação não deveriam continuar ancoradas nesses setores, mas sim direcionar esforços a setores industriais e de serviços com maior efeito sobre a complexidade. Com isso, reforça-se a necessidade de uma mudança na base produtiva, com maior incentivo à indústria e serviços intensivos em conhecimento e menor dependência da economia por setores primários.

Outra implicação às políticas de diversificação é a possibilidade delas gerarem desequilíbrios regionais e acirrar desigualdades. Uma política concentrada em uma região pode absorver mercados de outras de forma competitiva, reduzindo o potencial de desenvolvimento das outras de forma indireta. Explica-se: caso Minas Gerais se torne competitivo (ganhe RCA) em tecidos, o estado passa a disputar com outras regiões que já atuam nesse mercado. Como resultado, essas regiões podem perder participação e, por conseguinte, observar redução na produção local, sofrendo com redução de sua complexidade econômica. Naturalmente, esse achado sugere que políticas de diversificação precisam de uma coordenação centralizada, com mecanismos compensatórios. Pensar numa política de diversificação que não considere efeitos secundários regionais pode apenas deslocar sofisticação produtiva de um local para outro, sem agregar complexidade para o Brasil.

Outro fator que o artigo apresenta é a possibilidade de sinergias entre regiões economicamente integradas (ex: MG e ES). O segundo estado mais beneficiado pela política testada é o ES, ainda que os choques estejam concentrados em MG. Esse resultado indica a possibilidade de transbordamentos regionais positivos de uma política de diversificação específica. Regiões que têm capacidades complementares, que conseguem se abastecer mutuamente, criam oportunidades de ganhos compartilhados, sem necessariamente gerar disputas por mercados específicos. Nessas situações, pode-se pensar em políticas de diversificação que fortaleçam os vínculos regionais e promovam maior integração econômica. Dessa forma, a integração das economias regionais é mais um aspecto relevante a ser considerado na formulação de políticas desse tipo.

Por fim, considerar efeitos de equilíbrio geral pode contribuir para formulação de políticas voltadas ao crescimento das exportações e ao uso do capital, reduzindo a dependência de estímulos à demanda interna.

6. Considerações Finais

As políticas de diversificação produtiva inteligentes têm ganhado espaço na literatura de desenvolvimento econômico. Os métodos de recomendação se tornaram mais quantitativos e multicritério, incorporando novas métricas e algoritmos para orientar essa seleção de atividades. No entanto, encontra-se uma lacuna na literatura no que diz respeito a métricas que incorporem efeitos de equilíbrio geral sobre a complexidade econômica. É nesse espaço da literatura que o presente trabalho se insere.

Para tanto, utilizou-se um modelo de equilíbrio geral computável para proceder a análise. Foram procedidas 52 simulações de setores candidatos à política. Os resultados obtidos via EGC foram comparados com o que score estático.

No que tange os resultados, nota-se que setores vinculados a agricultura e extração mineral são o que mais perdem posições entre as listas, enquanto setores industriais e alguns serviços foram os que mais ganharam posições. Interessante notar que os resultados em EGC sugerem que alguns setores possuem maior PCI, mas geram efeitos aquém do esperado em termos de ΔECI . Este resultado diverge da prescrição tradicional da literatura, onde o ganho marginal de ECI cresce monotonicamente com o PCI. Naturalmente, essa diferença ocorre pelo EGC capturar efeitos sistêmicos e o procedimento tradicional negligenciá-los.

Além de questões setoriais e efeitos sobre complexidade agregada da região, nota-se também que uma política de diversificação tem efeitos transbordamento regionais. Uma implicação disso é a necessidade de pensar políticas desse tipo de forma centralizada e com potenciais medidas compensatórias. Os resultados também sugerem que os setores indicados pelo score ΔECI apoiam o crescimento das exportações e o uso do capital, reduzindo a dependência de estímulos à demanda interna.

Este estudo apresenta algumas limitações. Um exemplo é a estrutura de dados, que apresenta baixa granularidade, tanto regional quanto setorial. Essa característica pode gerar distorções no PCI dos setores, por dependerem da geografia das atividades.

A principal contribuição deste estudo é considerar efeitos de equilíbrio geral na análise de seleção de setores prioritários para políticas de diversificação inteligente. Os resultados fornecem parâmetros para selecionar setores com maior efeito total sobre a sofisticação produtiva, incorporando não só o efeito direto da política, mas, também, levando em consideração suas cadeias produtivas. Além disso, incorporar esses efeitos à análise também permite avaliar transbordamentos regionais de complexidade, antes desconsiderados, sejam eles negativos ou positivos.

Referências

- ANCHEOCEA, D. S. Anglo-Saxon versus Latin American structuralism in development economics. In: Ideas, policies and economic development in the Americas. London: Routledge, 2007. p. 226-244.
- AUSMANN, R.; CHAUVIN, J. Discovering paths for export diversification in Rwanda. Cambridge, MA: Center for International Development at Harvard University (CID Working Paper, 294), 2015.
- BALASSA, B. Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage. The Manchester School, Manchester, v. 33, n. 2, p. 99-123, 1965.
- BALLAND, P.; BOSCHMA, R. Do scientific capabilities in specific domains matter for technological diversification in European regions? Research Policy, v. 51, n. 10, art. 104594, 2022.
- BALLAND, P.; BOSCHMA, R.; CAPONE, G.; et al. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. Regional Studies, Abingdon, v. 53, n. 9, p. 1252-1268, 2019.
- BOSCHMA, R. Designing smart specialization policy: relatedness, unrelatedness, or what? Utrecht: Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning – Group Economic Geography, 2021. (Papers in Evolutionary Economic Geography, 2128).
- BRITTO, G.; COELHO, C.; FREITAS, E.; ROMERO, J. P.; et al. The great divide: economic complexity and development paths in Brazil and the Republic of Korea. CEPAL Review, Santiago, n. 127, p. 191-214, abr. 2019.
- BUYUKYAZICI, D.; MAZZONI, L.; RICCABONI, M.; SERTI, F. Workplace skills as regional capabilities: relatedness, complexity and industrial diversification of regions. Regional Studies, ahead of print, 2023.
- CARVALHO, T. S. Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. Tese (doutorado em Economia). Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. 2014.
- DIXON, P.B.; PARMENTER, B.R.; RYLAND, G.J.; SUTTON, J. M. ORANI: A General Equilibrium Model of the Australian Economy, Contributions to Economic Analysis. North-Holland Publishing Company, 1982.
- FRENKEN, K.; VAN OORT, F.; VERBURG, T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. Regional Studies, v. 41, n. 5, p. 685-697, 2007.
- FURTADO, C. Formação econômica do Brasil. 28. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007 [Original de 1964].

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*, v. 38, n. 2, p. 219-236, 2018.

HADDAD, E. A., DOMINGUES. E. P. Projeções Setoriais E Regionais Para a Economia Brasileira: 2001-2007, in *Mercado De Trabalho No Brasil: Padrões De Comportamento E Transformações Institucionais*, ed. Por J. P. Z. Chahad, and P. Picchetti. São Paulo: LTR Editora, 167-194, 2003.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. A.; et al. The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity. Cambridge: MIT Press, 2014.

HIDALGO, C. A. Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, v. 3, n. 2, p. 92-113, 2021.

HIDALGO, C. A. The policy implications of economic complexity. *Research Policy*, v. 52, n. 9, art. 104863, 2023.

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

HIDALGO, C. A.; et al. The principle of relatedness. In: MORALES, Alfredo J.; et al. (org.). *Unifying themes in complex systems IX*. Cham: Springer, 2018. p. 451-457.

HIDALGO, C. A.; et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HIRSCHMAN, A. O. The strategy of economic development. New Haven: Yale University Press, 1958.

HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The Impact of the 2002-2003 Drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, v. 27, n. 3, 2005, p. 285-308, abr. 2005.

LO TURCO, A.; MAGGIONI, D. The knowledge and skill content of production complexity. *Research Policy*, v. 51, n. 8, art. 104059, 2022.

MAGALHÃES, A. S.; SOUZA, K. B.; CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Custo econômico da energia em Minas Gerais: Impactos das elevações de tarifas entre 2011 e 2015. *Pesquisa E Planejamento Econômico*, v.48, p.103-, 2018

PREBISCH, R. O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas. In: BIELSCHOWSKY, Ricardo (org.). *Cinquenta anos de pensamento na CEPAL*. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000. p. 69-136. [Original de 1962].

ROMERO, J. P.; FREITAS, E.; SILVEIRA, F.; BRITTO, G.; CIMINI, F.; JAYME JR., F. G. Complexity-based diversification strategies: a new method for ranking promising activities for regional diversification. *Spatial Economic Analysis*, publ. 2024.



Prêmio **FIEMG** *de Economia*

Realização
Gerência de Economia e Finanças Empresariais
&
Conselho de Política Econômica



FIEMG