



Complexidade Industrial e Bases de Conhecimento em redes: entraves para o desenvolvimento econômico e potencial do Complexo Econômico-Industrial da Saúde na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

*Bianca Louzada Xavier Vasconcellos** , *Renata Lèbre La Rovere*** ,
*Rafael Silva Pereira**** 

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.
E-mail: bianca.ufrj@gmail.com

**Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.
E-mail: renata@ie.ufrj.br

***Pesquisador independente, Belo Horizonte (MG), Brasil.
E-mail: r.s.p.models@gmail.com

SUBMISSÃO: 08 DE SETEMBRO DE 2023 VERSÃO REVISADA (ENTREGUE): 22 DE MAIO DE 2024 APROVADO:
26 DE MAIO DE 2024

RESUMO

A estrutura produtiva é determinante para promover o desenvolvimento econômico regional. A abordagem da Complexidade Econômica ajuda a entender o nível de sofisticação industrial, enquanto o conceito de Bases de Conhecimento informa características do conhecimento em uma região. Este trabalho visa a identificar indústrias e conhecimentos necessários para impulsionar o potencial do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS). A metodologia envolveu o uso de dados de emprego para construir indicadores de complexidade e do grau de relacionamento entre as indústrias. Para as Bases de Conhecimento, foram utilizados dados de ocupações. O recorte geográfico e setorial do estudo compreende a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e as indústrias que compõem o CEIS. Como resultado, foram identificados dois gargalos: o primeiro é a ausência da indústria mais complexa do CEIS; o segundo é a carência de ocupações da Base de Conhecimento sintética. Isso significa que o CEIS não opera em seu pleno potencial, o que afeta o desenvolvimento econômico regional.

PALAVRAS-CHAVE | COMPLEXIDADE; CONHECIMENTO; ESTRUTURA PRODUTIVA; COMPLEXO DA SAÚDE; REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Industrial Complexity and Knowledge Bases in Networks: barriers to economic development and opportunities of the Health Economic-Industrial Complex in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro

ABSTRACT

The productive structure plays a crucial role to promote regional economic development. The Economic Complexity approach illustrates the level of industrial sophistication, while the concept of Knowledge Bases offers insights into the characteristics of knowledge within a region. This paper aims to identify which industries and types of knowledge are necessary for the Health Economic-Industrial Complex (CEIS) to reach its potential. Complexity indicators have been created based on employment data and the relatedness of industries was assessed using occupational employment data. The geographic and sectoral scope of our study encompasses the Rio de Janeiro Metropolitan Region (RMRJ) and the industries that constitute the CEIS. Results point to two bottlenecks: firstly, the absence of the most complex industry within the CEIS; secondly, the lack of synthetic Knowledge Base-related occupations. This indicates that the CEIS is not operating at its full potential, thereby impacting regional economic development.

KEYWORDS | COMPLEXITY; KNOWLEDGE; PRODUCTIVE STRUCTURE; HEALTH COMPLEX; METROPOLITAN REGION OF RIO DE JANEIRO

1. Introdução

A questão sobre como se desenvolve o conhecimento produtivo tem se mostrado determinante para a compreensão das características e oportunidades econômico-produtivas no nível regional. Isso porque cada região possui um conjunto único de capacidades que foram construídas ao longo do tempo. Essas capacidades também podem ser entendidas como conhecimento produtivo, e são importantes para pavimentar o crescimento econômico regional futuro. Recentemente, os pesquisadores que estudam a Geografia Econômica têm se debruçado para entender como a complexidade econômica e o conhecimento produtivo podem elucidar as oportunidades para estimular o crescimento econômico e o desenvolvimento regional (BALLAND; RIGBY, 2017; BALLAND et al., 2020). Alguns estudiosos focam em investigar a complexidade econômica e produtiva das regiões (ESCOBARI et al., 2019; FREITAS, 2019), enquanto outros buscam melhores taxonomias para descrever e entender os diferentes tipos de conhecimento regional (ASHEIM; BOSCHMA; COOKE, 2011; SANTOS; MARCELLINO, 2016; BOSCHMA; HEIMERIKS; BALLAND, 2014; TANNER, 2016).

O Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) é um conjunto de indústrias e setores produtivos responsáveis pela produção física de bens que são consumidos na área da saúde. Esse grupo compreende indústrias complexas, as quais requerem tipos de conhecimento específicos. Além do aspecto econômico do CEIS, este também possui relevância social, pois seu aperfeiçoamento levará a população a ter maior acesso a serviços e produtos na área da saúde. Isso porque, essencialmente, as indústrias que compõem o CEIS são as que produzem preparações farmacêuticas, medicamentos, material e aparelhos médicos e hospitalares (OSÓRIO et al., 2015; GADELHA, 2020).

O CEIS que será analisado neste artigo está localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), composta por 22 municípios. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, esta região representa cerca de 70% da população e do PIB

do estado do Rio de Janeiro, além de ter sido a segunda maior região metropolitana do país, em termos populacionais e econômicos, em 2022 (IBGE, 2023). Neste sentido, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro possui potencial econômico a partir do tipo de conhecimento e complexidade das indústrias inseridas no contexto do Complexo Econômico-industrial da Saúde.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar o grau de complexidade e os tipos de conhecimento mais utilizados pelas indústrias que compõem o CEIS da RMRJ. Com esta finalidade, foram utilizadas a metodologia da Complexidade Econômica (HAUSMANN; HIDALGO, 2009; FREITAS, 2019; DABOÍN et al. 2019), que avalia o nível de sofisticação das indústrias, bem como a taxonomia das Bases de Conhecimento (MARTIN, 2012; SANTOS; MARCELLINO, 2016) para entender os tipos e características do conhecimento observados no CEIS. Este trabalho pode promover melhor compreensão das características produtivas e apontar alguns gargalos que podem comprometer a integração e utilização do conhecimento e capacidades produtivas do CEIS.

Os resultados mostram que o CEIS da RMRJ possui um conjunto mais complexo de indústrias que apresenta ligações com outras indústrias sofisticadas, como a de eletrônicos, informática, produtos químicos etc. Foi observado, ainda, que há uma variedade de ocupações que se enquadram nos diferentes tipos de Bases de Conhecimento (BC), quais sejam: a BC Sintética, que reúne conhecimentos ligados a testes e experimentação prática, valorizando o *know-how* e habilidades de execução; a BC Analítica, que prevalece em atividades científicas, caracterizando-se pela dependência de modelos formais e processos dedutivos; e a BC Simbólica, na qual a inovação concentra-se na geração de valores estéticos e imagens, sendo o conhecimento simbólico altamente particular e característico do contexto cultural. Contudo, a utilização de toda a capacidade e encadeamentos do CEIS da RMRJ para a promoção do desenvolvimento econômico regional pode ser seriamente comprometida, caso as indústrias mais complexas e a Base de Conhecimento sintética não sejam promovidas.

Nesse sentido, o presente artigo pretende apresentar a complexidade industrial, bem como os tipos de conhecimento que compõem o CEIS e, assim, apontar alguns dos desafios que impedem que todo seu potencial econômico seja utilizado na RMRJ. Para tal fim, o presente trabalho está dividido em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta um breve referencial teórico que inclui o Complexo Econômico-Industrial da Saúde, Complexidade Econômica e Bases de Conhecimento; a seção 3 descreve a metodologia aplicada para obter os resultados; a seção 4 apresenta os resultados através de redes de indústrias e ocupações; a seção 5 traz a discussão dos resultados; e, por último, a conclusão e as referências são as seções finais deste trabalho.

2. Referencial teórico

2.1 Complexidade econômica

A abordagem da complexidade econômica tem sido objeto de estudo de diversas correntes teóricas ao longo do tempo, refletindo uma crescente compreensão da economia como um conjunto de sistemas complexos, dinâmicos, não lineares e com agentes heterogêneos. Por exemplo, Anderson et al. (1988) analisaram a economia sob a perspectiva de sistemas complexos, enquanto Arthur (1999) teve como foco a identificação de padrões econômicos que estão fora do equilíbrio e que evoluíram ao longo do tempo. Essas perspectivas foram enriquecidas por estudos realizados pelo grupo de pesquisa do *Santa Fe Institute*, que possui uma longa tradição no debate sobre complexidade econômica. O grupo considera a economia como um sistema complexo composto por uma rede de interações entre agentes econômicos, instituições e o ambiente em que operam. Além disso, há a contribuição de autores da Geografia Econômica Evolucionária, Frenken, Van Oort e Verburg (2007), que investigaram a variedade relacionada e não relacionada como fontes de efeitos externos de conhecimento, enquanto Martin e Sunley (2007) contribuem ao explorar

a concepção do cenário econômico como um sistema adaptativo complexo, investigando como as teorias emergentes de economia da complexidade podem informar uma perspectiva evolucionária para compreender o desenvolvimento desigual e a transformação adaptativa da paisagem econômica.

A metodologia de complexidade econômica, desenvolvida por Ricardo Hausmann, César Hidalgo e seus colaboradores, é amplamente utilizada no presente trabalho. Essa abordagem é baseada em resultados, ou seja, a aplicação do método e as respostas que ele fornece são determinantes para as pesquisas desse campo. Em vez de escolher fatores para determinar as capacidades produtivas, o método utiliza a geografia das atividades econômicas para investigar os conjuntos de capacidades existentes. Essa área de pesquisa se aproxima de outros campos, como o da Geografia Econômica, por se concentrar na distribuição geográfica, e o da Ciência das Redes, por utilizar alguns de seus métodos, bem como seus princípios de Sistemas Complexos. Os trabalhos que seguem essa metodologia da complexidade econômica defendem e demonstram, empiricamente, que há uma explicação para a relação entre a dinâmica de crescimento econômico e o indicador de complexidade econômica (THE OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY, 2022).

A abordagem da complexidade pressupõe que os produtos são feitos pela combinação de capacidades existentes, e que estas podem ser representadas através de vetores binários, onde 1 representa as capacidades requeridas por um produto, e 0 representa as capacidades que os produtos não demandam – cálculos realizados a partir da vantagem comparativa revelada (HAUSMANN; HIDALGO, 2010; HAUSMANN; KLINGER, 2007).

Um importante ponto que fundamenta a abordagem da complexidade econômica é o *path dependency* ou dependência da trajetória. O conceito é relevante, pois a noção de acumulação do conhecimento produtivo nos diferentes países é analisada a partir de sua trajetória única de desenvolvimento (PAGE, 2006). “É mais fácil para os países expandirem para indústrias que reutilizam algum

conhecimento que eles já possuem, desde que essas indústrias exijam algum conhecimento produtivo adicional.” (HAUSMANN et al., 2011, p. 8, tradução própria). Ainda segundo os autores, “Produtos são veículos para o conhecimento.” (HAUSMANN et al., 2011, p. 15, tradução própria). Assim, os autores mostram resultados empíricos de países que expandiram sua cesta de produtos exportados a partir de produtos que já exportavam. Isso porque esses produtos são “próximos” em termos de conhecimento produtivo.

Por ser uma abordagem baseada em resultados, a complexidade econômica possui um conjunto de medidas e indicadores que fornecem respostas importantes para os problemas que norteiam o crescimento econômico. Para a construção desses indicadores, dois elementos são utilizados como base, tanto na argumentação teórica, como na metodológica, quais sejam: a diversidade e a ubiquidade. A quantidade de diferentes tipos de produtos que há num país que possui vantagem competitiva é definida como a **diversidade** de um país. Por outro lado, é possível observar o número de países que possuem vantagem competitiva em um produto; essa é a **ubiquidade** desse produto. A partir destes elementos, são elaborados dois indicadores principais e outros secundários. Adicionalmente, importa mencionar que, por se tratar de uma investigação sobre o mercado internacional, os autores originalmente utilizaram apenas dados de produtos *tradables*, ou seja, bens comercializáveis no mercado internacional.

Outra medida essencial proposta é a “proximidade” entre as indústrias, calculada com base na probabilidade de dois produtos serem exportados pelos mesmos países. Essa medida, além de permitir a visualização em redes de produtos ou indústrias, ajuda a entender o quão próximas estão as capacidades produtivas das indústrias.

Em suma, o cerne da abordagem da Complexidade Econômica desenvolvida por Hausmann e Hidalgo consiste em avaliar a sofisticação dos países e produtos, e em relacionar a complexidade à riqueza dos países. A abordagem é recente e fornece interessantes *insights* para a construção de métodos analíticos focados na estrutura produtiva de lugares com diferentes dimensões escalares.

2.2 Bases de conhecimento

A discussão sobre o papel do conhecimento no desenvolvimento econômico parte do trabalho seminal de Michael Polanyi (2010) sobre o conhecimento tácito, em que o autor mostra que parte do conhecimento é pessoal, não podendo ser codificado para fins de transmissão aos pares. Assim, a aceitação de uma teoria não depende apenas dos preceitos desta teoria, mas também do modo pelo qual o cientista a entende e a pratica. Desta forma, para entender como o conhecimento é construído e se difunde, é necessário analisar como o conhecimento tácito, que é pessoal, contribui para a construção e difusão de conhecimento codificado, que pode ser repassado a outras pessoas.

Esta discussão está presente em diferentes campos de pesquisa. No campo da gestão, o trabalho de Nonaka e Konno (1998) propõe que os conhecimentos tácito e codificado interagem dentro da empresa na chamada “espiral do conhecimento”, explicando, assim, por que as firmas necessitam estabelecer um ambiente propício à criação de conhecimento e buscam codificar este conhecimento para que ele permaneça na empresa. Na mesma linha, os autores da economia evolucionária utilizam a divisão entre conhecimento tácito e codificado para debater a relevância tanto do aprendizado (que depende das competências dos colaboradores das empresas), quanto das rotinas das empresas a fim de entender suas perspectivas de inovação (NELSON; WINTER, 1982).

Há, ainda, um grupo de economistas heterodoxos que sugere que o conhecimento é um ativo estratégico para as empresas (TEECE, 2000) cujas externalidades podem transbordar para o território (PACI; USAI, 1999), e aqueles que discutem a economia do conhecimento (FORAY; LUNDVALL, 1998) e denominam a atual fase do capitalismo de capitalismo cognitivo (NOOTEBOOM, 2009). Os autores neoinstitucionalistas, por sua vez, consideram o aprendizado como resultado de interações entre indivíduos e instituições, moldados tanto por hábitos individuais, quanto por rotinas empresariais (MANTZAVINOS et al., 2004).

No campo da geografia econômica, os autores se debruçaram sobre a importância dos fluxos de conhecimento para o desempenho das firmas (BATHELT et al, 2004) e sobre a forma pela qual o território condiciona estes fluxos (COOKE et al., 2007). Ao mesmo tempo, estes autores passaram à definição das bases de conhecimento Sintética, Analítica e Simbólica (ASHEIM; COENEN, 2005; ASHEIM et al., 2007). Um dos trabalhos pioneiros sobre a classificação das bases de conhecimento foi realizado por Asheim e Gertler (2005) no intuito de fornecer melhores explicações sobre o conhecimento envolvido no processo de produção e inovação. A ideia básica inicial era a de que as inovações e processos de aprendizado são diferentes porque as indústrias possuem bases de conhecimento diferentes. Foi uma resposta crítica às tentativas de compreender a geração e utilização de conhecimento nas empresas com base nos conceitos de conhecimento tácito e codificado (BOSCHMA, 2018). A abordagem das BCs direciona a atenção para como as firmas e regiões combinam conhecimento analítico, sintético e simbólico (ASHEIM; GRILLITSCH; TRIPPL, 2017; BOSCHMA, 2018; FITJAR; TIMMERMANS, 2018).

Inicialmente, foram definidas duas bases: a sintética e a analítica (ASHEIM; COENEN, 2005). Posteriormente, foi inserida a base de conhecimento simbólica (ASHEIM et al., 2007). A **BC analítica** corresponde ao conhecimento desenvolvido pela ciência, e que tem um forte componente de conhecimento codificado. As indústrias que utilizam esta base geralmente focam na Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), podendo estabelecer vínculos com universidades e institutos de pesquisa, como ocorre, por exemplo, nas empresas de biotecnologia e farmacêuticas. A **BC sintética** é desenvolvida a partir de conhecimento prático decorrente de experiências de fabricação, usualmente promove inovações incrementais e tem a ver com o trabalho técnico, como acontece, por exemplo, em empresas de engenharia industrial e construção naval. A **BC simbólica** está ligada à cultura, produção de valor estético e simbólico, possui caráter intangível, mas pode estar relacionada a produtos físicos, como ocorre, por exemplo, nas empresas de produção cultural e marcas.

A abordagem das BCs direciona a atenção para como as firmas e regiões combinam conhecimento analítico, sintético e simbólico. Essa abordagem se origina em esforços para ir além do reducionismo dos modelos lineares de inovação, que propõem que a inovação se origina num esforço de pesquisa básica que depois se torna aplicada, passa por desenvolvimento de produtos e chega ao mercado. A abordagem das BCs, em vez disso, se baseia em uma visão sistêmica, enxergando a inovação como resultado do processo de aprendizagem interativa e considerando múltiplos atores (empreendedores, firmas, universidades, agências públicas, governos e sociedade civil). Ao examinar os três tipos de bases de conhecimento, Asheim, Grillitsch e Trippl (2017) ressaltam que nenhum tipo de conhecimento é mais avançado, complexo e sofisticado do que o outro. Cada BC tem relevância diferente para determinada região, uma vez que a aprendizagem e a inovação ocorrem de formas distintas entre as BCs. A inserção e análise das bases de conhecimento é relevante, pois fecha uma lacuna deixada pela complexidade econômica ao examinar, explorar e entender os tipos e características do conhecimento produtivo.

2.3 Complexo Econômico-Industrial da Saúde

O Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) é definido como um conjunto de atividades produtivas interligadas que mantêm relações intersetoriais entre si. Ele engloba as indústrias de base química e biotecnológica (como fármacos, medicamentos, vacinas), as indústrias de base mecânica, eletrônica e de materiais (equipamentos médicos, próteses, órteses) e o setor de serviços da saúde (hospitais, clínicas, laboratórios de diagnóstico). O CEIS desempenha um papel estratégico na oferta equânime de bens e serviços de saúde, sendo essencial para o desenvolvimento econômico e social de um país.

Este conjunto de atividades produtivas mantém relações intersetoriais de compra e venda de bens e serviços e/ou conhecimentos e tecnologias, e está inserido num contexto político e institucional

bastante particular dado pelas especificidades da área de saúde, sua compradora final, e da área econômica, sua principal provedora de suprimentos. O complexo da economia da saúde, portanto, envolve dois sistemas: o sistema de saúde e o de produção e inovação de insumos (bens e serviços), que provê suprimentos para seu funcionamento. (OSÓRIO et al., 2015, p. 117).

As possibilidades de desenvolvimento do CEIS na Região Metropolitana do Rio de Janeiro têm sido amplamente debatidas por diferentes atores como a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro – FIRJAN (FIRJAN, 2023)¹, Fundação Oswaldo Cruz-FIOCRUZ (FIOCRUZ, 2023)² e, no âmbito político, o tema está na Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro – ALERJ (ALERJ, 2023)³. É reforçada a urgência de uma proposta que estabeleça o complexo econômico-industrial da saúde para a promoção do desenvolvimento econômico pautado em inovação e tecnologia (GADELHA; TEMPORÃO, 2018). A ideia consiste em que o CEIS represente uma oportunidade de desenvolvimento, inovação e produção para a economia fluminense, em especial para a RMRJ:

(...) a abordagem do CEIS procura olhar a saúde como componente essencial da dinâmica econômica que se reproduz em um espaço específico e de alta importância estratégica. Se a dinâmica global atual gera novas frentes de expansão e de inovação, essas se expressam também no campo da saúde como um dos mais dinâmicos no contexto da quarta revolução tecnológica. (GADELHA, 2020, p. 2)

¹ Notícia sobre o encontro entre a diretoria da FIRJAN e o ministro da saúde, com foco na fomentação do CEIS no estado do Rio de Janeiro.

² Matéria da FIOCRUZ que apresenta o CEIS como estratégia de vinculação entre as dimensões sociais e do desenvolvimento para o país

³ Alerj criou um comitê para discutir complexo industrial da saúde no estado do Rio de Janeiro, esse comitê visa o adensamento produtivo e inovativo do Estado do Rio de Janeiro.

A partir da Nota Técnica do IPEA nº62/2020 (LEÃO; GIESTEIRA, 2020), e de uma Proposta para o Complexo Econômico-Industrial da saúde (CEIS) do Estado do Rio de Janeiro (ERJ) elaborada pela FIOCRUZ (VILHENA, 2021), foram identificadas as indústrias⁴ que compõem o CEIS. Além dessas, foi adicionada a indústria de Fabricação de Medicamentos para uso veterinário que, embora não faça parte do uso na saúde humana, é uma indústria sofisticada que compartilha semelhanças e características produtivas/tecnológicas com as demais. Cabe ressaltar que a proposta original do CEIS também inclui uma série de setores de serviços associados ao sistema de saúde, mas que fogem do recorte dos dados deste trabalho.

Em trabalho recente, Vasconcellos et al. (2021) fizeram uma primeira aproximação do tema ao verificar as ligações que as indústrias pertencentes ao complexo industrial da saúde possuem e que poderiam ser fomentadas. Os resultados mostraram que, no que tange à indústria de transformação, tal estratégia política teria efeitos virtuosos no fomento de indústrias mais complexas, com possibilidades de transbordamento para outras, além dos segmentos da saúde.

Em suma, o fomento do CEIS faz parte de uma ampla estratégia de política nacional. Seu impacto será significativo tanto para indústrias de base química, biotecnológica, mecânica e de materiais, quanto para a área da saúde, especialmente nos serviços prestados nos estabelecimentos de saúde. O Estado desempenha um papel crucial no CEIS, elaborando políticas nacionais que regulamentam e promovem suas atividades. O Ministério da Saúde, por meio do Departamento do Complexo Econômico-Industrial da Saúde e de Inovação atua na formulação, implementação e avaliação de políticas, programas e ações voltados para a estratégia nacional de estímulo, fortalecimento, desenvolvimento e inovação no âmbito do CEIS (BRASIL, 2023). Visto que a RMRJ já abriga instituições, indústrias e serviços de grande relevância nesta área,

⁴ Fabricação de produtos farmoquímicos; Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos; Fabricação de preparações farmacêuticas; Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação; Fabricação de medicamentos para uso veterinário.

o CEIS emerge como uma excelente oportunidade para impulsionar o desenvolvimento econômico dessa região (VILHENA, 2021).

3. Metodologia

A metodologia deste trabalho utiliza as técnicas desenvolvidas por Hidalgo et al. (2007) para calcular a complexidade de produtos e países. Trabalhos posteriores aos desses autores foram elaborados com recorte regional e por setores e atividades econômicas (ESCOBARI et al., 2019; FREITAS, 2019). Diferentemente de Hidalgo et al. (2007), que utilizaram dados do comércio internacional dos países para determinar a complexidade dos países e produtos, neste trabalho são usados dados de emprego por atividade econômica. Isto porque o foco é compreender o nível de complexidade das regiões no nível nacional. Os dados analisados são provenientes da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (BRASIL, 2022). Esses dados são obtidos nas tabelas “ano corrente a 2002”, de frequência em vínculos, e estão em nível de classe, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE 2.0 (IBGE, 2022), entre os códigos 01 ao 33, os quais compreendem: a Agricultura; a Indústria Extrativa, e a Indústria de Transformação. Embora o setor de serviços possua grande relevância econômica, os dados do setor não foram utilizados no presente trabalho para manter o padrão metodológico do trabalho de Hidalgo et al. (2007), que usa dados do comércio internacional (*Standard International Trade Classification*), ou seja, produtos *tradables*. Assim, mantém-se o recorte setorial de análise, qual seja, a produção de bens. A partir deste recorte, foram acessados os dados que compreendem as divisões de 01 a 33 em nível de classe (4 dígitos). Esses dados abrangem 307 atividades econômicas diferentes. Seguindo a nomenclatura proposta por Vasconcellos (2022) este trabalho verifica a “especialização produtiva” em determinada indústria, utilizando dados de emprego por atividade econômica. Assim, em vez de vantagem competitiva ou especialização produtiva, é usado o termo VANTAGEM DE CONCENTRAÇÃO DO EMPREGO

INDUSTRIAL, com a sigla VCEI. No presente trabalho usamos também a análise do grau de relacionamento (*relatedness*) para investigar se há proximidade entre as capacidades produtivas das indústrias, seguindo os preceitos da Geografia Econômica (BOSCHMA, 2017; FRENKEN, 2017).

O Quociente Locacional (QL) é o ponto de partida, fornecendo uma medida relativa que compara a participação de uma região e de uma indústria específica no emprego industrial total com a participação dessa indústria no emprego industrial total da área de referência. Um QL maior ou igual a 1 destaca a especialização relativa da região em uma determinada indústria, sinalizando uma vantagem de concentração (Quadro 1).

QUADRO 1

Equações para o cálculo da Complexidade Econômica, grau de relacionamento e elaboração das redes

Equação	Descrição
$*QL_{ri} = \frac{\frac{E_{ir}}{E_r}}{\frac{E_i}{E_B}}$	Quociente Locacional das regiões e indústrias (QL_{ri}): O QL compara a participação relativa de uma região e uma indústria específica no emprego total industrial com a participação relativa da indústria no emprego industrial total do país (ou área de referência). Esse quociente destaca a especialização relativa de uma região em uma determinada indústria.
$M_{ri} = 1[QL_{ir} \geq 1]$	Matriz de regiões e indústrias com vantagem de concentração do emprego industrial (VCEI): Esta matriz indica se uma região e indústria específicas têm vantagem de concentração no emprego industrial. Se o QL for maior ou igual a 1, a célula correspondente na matriz será 1, indicando vantagem de concentração. Caso contrário, será atribuído o valor 0, que indica ausência de concentração do emprego industrial.
$Diversidade_r = K_{r0} = \sum_i M_{ri}$	Medida bruta de diversidade: representa a quantidade de indústrias distintas presentes em uma determinada região, considerando a matriz de vantagem de concentração do emprego industrial.
$Ubiquidade_i = K_{i0} = \sum_r M_{ri}$	Medida bruta de ubiquidade: representa a quantidade de regiões distintas em que uma indústria específica está presente, considerando a matriz de vantagem de concentração do emprego industrial.

Fonte: Elaboração própria

*Os componentes do QL são: 1. E_{ir} : Representa o emprego na indústria específica i na região r . Indica a quantidade de pessoas empregadas nessa indústria na região de interesse. 2. E_r : Indica o emprego total na região r , abrangendo todas as indústrias. É a soma do emprego de todas as indústrias na região. 3. E_i : Refere-se ao emprego total na indústria i em todo o país (ou na área de referência). É a soma do emprego em uma indústria específica em todas as regiões. 4. E_B : Representa o emprego industrial total na área de referência (Brasil).

QUADRO 1
Continuação...

Equação	Descrição
$\text{Média Ubiquidade}_r = K_{r1} = \frac{\sum_i K_{i0} * M_{ri}}{K_{r0}} \rightarrow$ $K_{r2} \rightarrow \dots \rightarrow K_{r\infty} = ICE_r$	Indicador de Complexidade Econômica Regional: Este indicador mede a complexidade econômica regional, considerando a média ponderada da ubiquidade das indústrias na região.
$\text{Média Diversidade}_i = K_{i1} = \frac{\sum_r K_{r0} * M_{ri}}{K_{i0}} \rightarrow$ $K_{i2} \rightarrow \dots \rightarrow K_{i\infty} = ICI_i$	Indicador de Complexidade Econômica Industrial (ICI): Este indicador mede a complexidade econômica industrial, considerando a média ponderada da diversidade das regiões em que uma indústria está presente.
$\text{Coocorrência}_{i,i'} = U_{i,i'} = M_{ri}^T * M_{ri'}$	Coocorrência: calcula a coocorrência entre duas indústrias i e i' . A matriz M_{ri} é transposta (M_{ri}^T) e multiplicada pelo próprio $M_{ri'}$, proporcionando uma medida da presença simultânea dessas indústrias em diferentes regiões. Ou seja, esta coocorrência reflete a probabilidade de duas indústrias estarem concentradas na mesma região.
$\phi_{i,i'} = \frac{U_{i,i'}}{\max(U_{i,i}, U_{i',i'})}$	Probabilidade condicional mínima: calcula a probabilidade condicional mínima de uma região ser especializada em uma indústria i' , dado que já é especializada em outra indústria i . Esta estimativa é normalizada pela maior coocorrência entre a região e qualquer outra indústria ($\max(U_{i,i}, U_{i',i'})$), refletindo a tendência das indústrias de se especializarem em regiões similares.

Fonte: Elaboração própria

*Os componentes do QL são: 1. E_{ir} : Representa o emprego na indústria específica i na região r . Indica a quantidade de pessoas empregadas nessa indústria na região de interesse. 2. E_r : Indica o emprego total na região r , abrangendo todas as indústrias. É a soma do emprego de todas as indústrias na região. 3. E_i : Refere-se ao emprego total na indústria i em todo o país (ou na área de referência). É a soma do emprego em uma indústria específica em todas as regiões. 4. E_{ir} : Representa o emprego industrial total na área de referência (Brasil).

A matriz de vantagem de concentração do emprego industrial (VCEI) é derivada do QL, identificando regiões e indústrias com vantagem de concentração ($M_{ri} \geq 1$). Esta matriz serve como base para a análise de diversidade e ubiquidade. A medida bruta de diversidade quantifica o número de indústrias distintas presentes em uma região específica, enquanto a medida bruta de ubiquidade representa a

quantidade de regiões onde uma indústria específica está presente (Quadro 1).

Os indicadores de complexidade econômica regional (ICE) e industrial (ICI) são calculados a partir das médias ponderadas da ubiquidade das indústrias em regiões e da diversidade das regiões onde uma indústria está presente, respectivamente. Esses indicadores proporcionam uma visão abrangente da complexidade econômica, incorporando a distribuição espacial das indústrias e regiões. Além disso, as métricas de coocorrência e de probabilidade condicional mínima fornecem *insights* sobre as relações entre indústrias em diferentes regiões. A coocorrência mede a probabilidade de duas indústrias estarem presentes na mesma região, enquanto a probabilidade condicional mínima indica a propensão de uma região ser especializada em uma indústria adicional, dado que já é especializada em outra. Essas métricas ajudam na compreensão das interações espaciais e dos relacionamentos entre as indústrias, contribuindo para a construção de redes complexas que representam a dinâmica econômica em diferentes contextos regionais (Quadro 1).

No que tange ao cálculo das Bases de Conhecimento, seguiu-se a classificação desenvolvida por Martin (2012) e adaptada para o contexto brasileiro por Santos e Marcellino (2016). Os dados para quantificar as Bases de Conhecimento seguem a mesma lógica dos trabalhos de Martin (2012) e de Santos e Marcellino (2016). Os autores utilizaram dados de ocupação e os classificaram nas três BCs: analítica, sintética e simbólica. Os dados de ocupação foram escolhidos por refletirem o conjunto de tarefas que os indivíduos exercem (MARTIN, 2012). Dessa forma, a classificação das ocupações possui uma melhor aderência ao conceito de BCs. As ocupações são classificadas pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), responsável pela normatização e codificação dos conteúdos das ocupações no mercado de trabalho brasileiro. A CBO é uma classificação enumerativa e descritiva, assim, as ocupações também são especificadas em seus detalhes. Para aplicação metodológica, foi escolhido o nível de subgrupos da CBO 2002. Os subgrupos de ocupações possuem três dígitos e agrupam

profissões similares a um domínio de trabalho mais amplo do que a ocupação. Os dados de ocupações estão disponíveis na RAIS, aba CBO 2002, subgrupos de ocupações; todos foram selecionados com a frequência em vínculos. Os cálculos foram realizados de acordo com o Quadro 2.

QUADRO 2
Equações para o cálculo das Bases de Conhecimento e elaboração da rede bipartida (ocupações e indústria)

Equações	Descrição
$QL_{io} = \frac{\frac{E_{io}}{E_i}}{\frac{E_{total o}}{E_{total i}}}$	Quociente Locacional das indústrias e ocupações.
$M_{io} = 1[QL_{io} \geq 1]$	Matriz de ocupações e indústrias, que mostra as ocupações ligadas às indústrias. O resultado de 0 ou 1 demonstra se determinada ocupação pertence à indústria. Essa matriz também permite criar uma rede bipartida, sem peso nas arestas.

Fonte: Elaboração própria

Segundo Santos e Marcellino (2016), cerca de 35% das ocupações possui classificação em alguma das três BCs. A classificação adaptada pelos autores fornece importante contribuição como ponto de partida. O presente trabalho vai além, e, de forma inédita, liga as ocupações classificadas nas BCs às indústrias para entender melhor o conhecimento que existe nas indústrias em determinada região, além de possibilitar a análise em redes.

Como mencionado anteriormente, os resultados deste trabalho são apresentados em redes. As análises de redes surgiram a partir do estudo e análises de grafos. De forma simplificada, um grafo pode ser entendido como um conjunto de pontos, chamados vértices (ou nós), e outro conjunto chamado arestas (ou ligações). Esse conceito básico permite a modelagem de várias situações, como a criação de redes de indústrias, ocupações, e conhecimento de diferentes regiões. As ligações não são, necessariamente, físicas, mas relacionais.

Comumente, a representação de um grafo é feita a partir de uma matriz de adjacência $A_{n \times n}$. Dois vértices são adjacentes quando há uma aresta que os conecte, enquanto duas arestas são adjacentes se ocorrem em um mesmo vértice.

Uma característica das redes apresentadas neste trabalho é a de não possuírem uma direção. A fim de facilitar a visualização das redes, utilizou-se grafos não-orientados, ou seja, as arestas não possuem um sentido determinado. Os vértices são representados pelas indústrias, enquanto as arestas são formadas a partir da relação entre as indústrias. Mais especificamente, as arestas são formadas com base na probabilidade condicional de coocorrência das indústrias, que é um indicador de proximidade entre elas.

Para a elaboração das redes com recorte regional, foi utilizada uma estratégia “estética”, na diferenciação do tamanho dos nós. O espaço de indústria é formado por todas as indústrias de todo o território brasileiro. Para destacar as indústrias de uma região específica (RMRJ), a rede de indústrias foi elaborada com dois tamanhos de nós. Assim, os nós com $QL > 1$ indicam VCEI naquela região, enquanto os nós pequenos, embora possuam ligações, não estão presentes com VCEI na região.

Para apresentar as redes de ocupações das indústrias foram plotadas redes do tipo grafo bipartido. Um grafo G é bipartido se $V(G) \leq 2$, ou seja, existem dois conjuntos de nós estáveis U e W tais que $U \cup W = V(G)$ $U \cap W = \emptyset$. Em outras palavras, um grafo G é bipartido quando seu conjunto de vértices V puder ser dividido em dois subconjuntos U e W , tais que toda aresta de G une um vértice de U a outro de W . (FEOFILOFF; KOHAYAKAWA; WAKABAYASHI, 2005). Os nós (vértices) correspondem às indústrias e às Bases de Conhecimento, enquanto as ligações (arestas) representam as relações entre indústrias e bases de conhecimento. Em um grafo bipartido, as arestas são responsáveis por conectar os vértices pertencentes a conjuntos diferentes; neste caso, as indústrias e as bases de conhecimento a elas associadas. Cada aresta indica uma relação entre uma indústria específica e uma base de conhecimento específica. Elas foram estabelecidas a

partir da probabilidade condicional de coocorrência das indústrias e bases de conhecimento.

Assim, não há ligações entre os nós de um mesmo grupo, o que torna possível compreender quais ocupações são ligadas às indústrias. Sobre o *layout* das redes, foi aplicado o algoritmo *Fruchterman-Reingold*, disponível no software Gephi. Trata-se de um padrão tradicional que possui um formato arredondado, onde os nós com maior quantidade de conexões são posicionados, automaticamente, mais ao centro, enquanto os nós com menos ligações são direcionados para as extremidades das redes.

Por fim, os cálculos dos indicadores foram realizados no software de Linguagem R, software livre e aberto. A partir de *packages* é possível manipular e calcular os dados contidos nas matrizes disponibilizadas pela RAIS. Em especial, o *package* “*economic complexity*”, que permite fazer os cálculos dos indicadores de forma facilitada. Para a elaboração das redes foi utilizado o software Gephi, livre e aberto, que possui várias ferramentas para a criação e manipulação de redes.

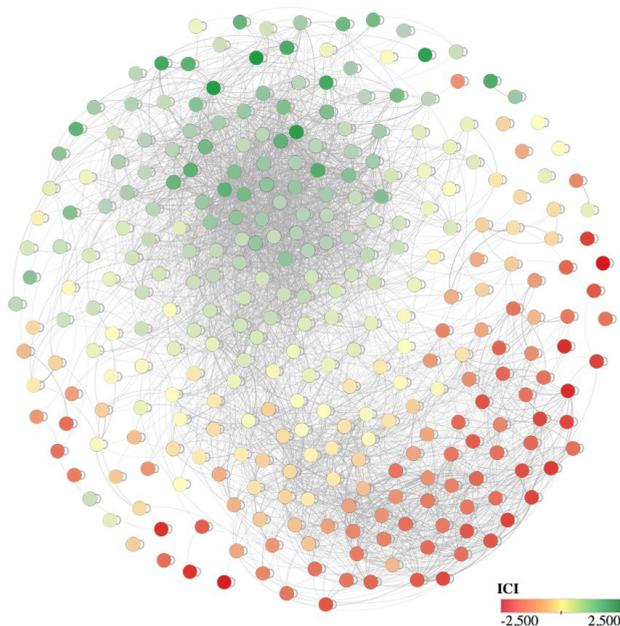
4. Resultados

4.1 Complexidade Industrial

O primeiro resultado visual foi o agrupamento automático feito pelo algoritmo *Fruchterman-Reingold*. Isto porque a rede adquiriu um formato arredondado, onde as indústrias com maior quantidade de ligações se organizaram de forma que viabiliza o destaque de dois *hubs* interessantes: um centralizado, na cor verde, com maior nível de complexidade; e outro na parte inferior, um pouco à direita, na cor vermelha, com menor nível de complexidade. Veja na Figura 1.

A Figura 1 mostra as 307 atividades econômicas captadas de todas as regiões do Brasil. Através das cores é possível identificar o nível de complexidade calculado pelo ICI. Assim, para explorar um pouco mais o comportamento do Espaço Industrial, foram verificadas duas

FIGURA 1
Espaço Industrial (2019).



Fonte: Vasconcellos (2022).

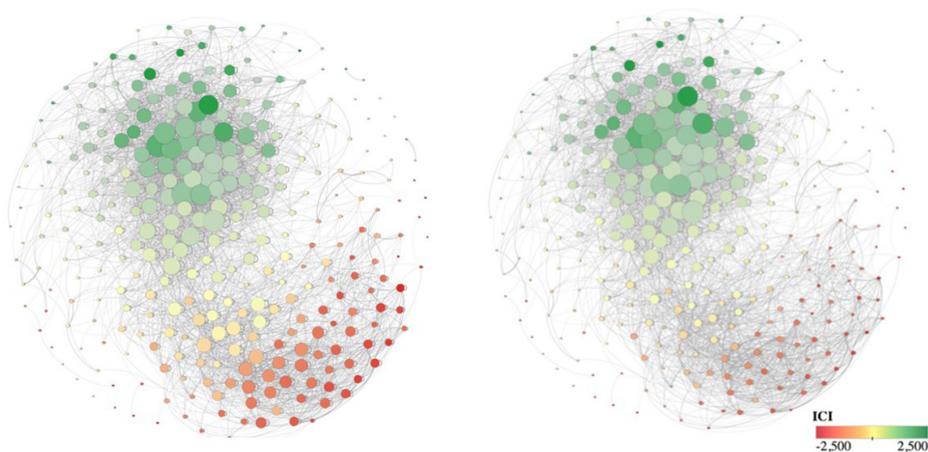
estatísticas sobre a centralidade dos nós. As medidas de centralidade buscam evidenciar os elementos mais importantes de uma rede. A primeira medida, o grau, verifica a quantidade de ligações que um nó possui. Quando há muitas ligações, o nó pode atuar como uma espécie de *hub*. A segunda medida é a de centralidade de autovetor, na qual a influência de um nó é definida pela quantidade de conexões de seus vizinhos mais próximos. O relacionamento com outros nós altamente conectados indica um alto nível de influência. Nesse sentido, não surpreende que as indústrias que possuem maior quantidade de ligações sejam as mais complexas, como: equipamentos de informática, máquinas e equipamentos, veículos. No entanto, também há indústrias tradicionais que possuem várias ligações, principalmente na produção de alimentos e bebidas, por exemplo, mas não são tão complexas.

Na Figura 2, o tamanho dos nós nas partes se referem ao grau e ao autovetor dos nós. A medida de grau enfatiza a quantidade de ligações que

FIGURA 2
Medidas de Centralidade do Espaço Industrial.

Grau por nível de complexidade industrial

Autovetor por nível complexidade industrial



Fonte: Vasconcellos (2022).

cada indústria possui. As indústrias com maior quantidade de ligações aparecem em tamanho maior, de forma proporcional. A medida de autovetor indica as indústrias que possuem vizinhos com muitas ligações. As cores determinam o nível de complexidade das indústrias. A medida que determina o grau dos nós mostra, claramente, os dois conjuntos distintos que compõem o Espaço Industrial (Figura 1), como citado anteriormente, um grupo mais complexo e outro menos complexo. Já a medida de autovetor ressalta a quantidade de ligações dos nós vizinhos, o que destacou, ainda mais, o grupo mais complexo. Isso demonstra que há mais encadeamento entre as atividades das indústrias mais sofisticadas.

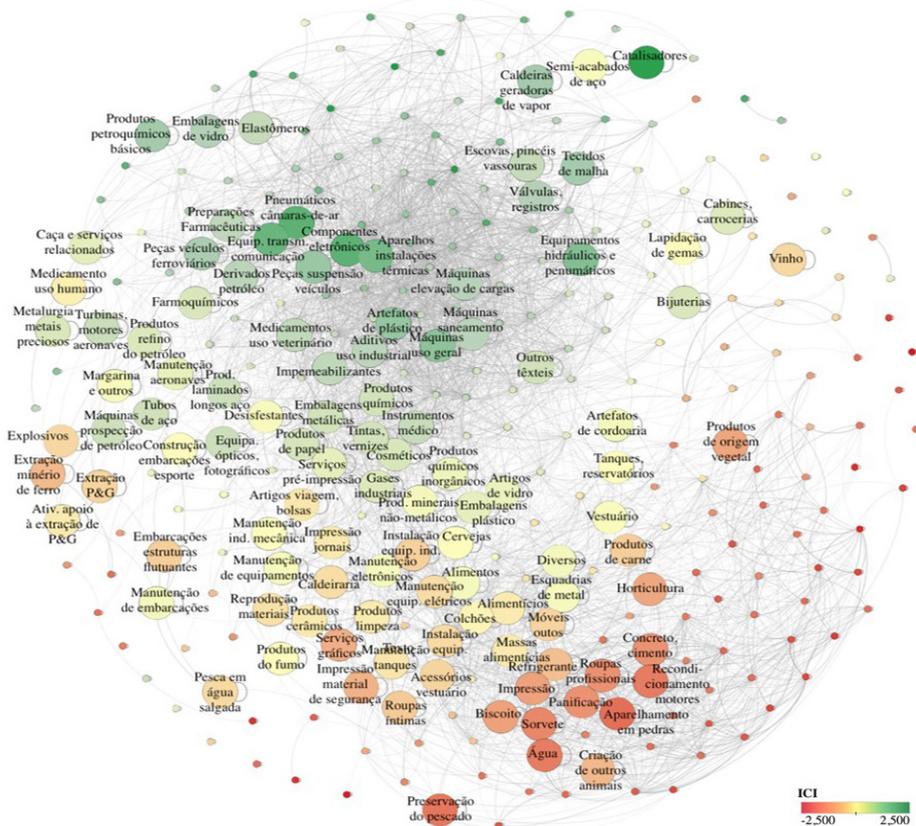
Após essa compreensão da estrutura do Espaço Industrial, pode-se investigar as características da estrutura produtiva da RMRJ. Uma análise por quantidade de emprego limitaria a compreensão do que é produzido na RMRJ; assim, parte-se para a investigação das indústrias com vantagem de concentração do emprego industrial (VCEI)⁵. O VCEI apresenta uma comparação do emprego industrial

⁵ Lembrando que o VCEI é o resultado do cálculo da diversidade das indústrias com resultados do QL1.

de uma região com todas as demais regiões do país. Desta forma, os resultados podem ser analisados em termos proporcionais, como mostra a figura que segue.

A rede de indústrias da Figura 3 mostra a matriz M_{ri} , onde 1 significa que a região possui VCEI em determinada indústria, e 0 indica que não possui. Logo, a matriz é caracterizada por dois tamanhos de nós: o tamanho maior e que possui nomes representa as indústrias da RMRJ com VCEI, enquanto os nós menores, que tiveram os nomes ocultados, são indústrias que não possuem VCEI. Isso indica que o emprego e a produção dessas indústrias são proporcionalmente

FIGURA 3
Espaço Industrial: diversidade de indústrias na RMRJ (2019).



Fonte: Vasconcellos (2022).

menores em relação ao total do país. Adicionalmente, as cores dos nós revelam o nível de complexidade das indústrias. São identificadas indústrias com maior nível de complexidade, como: Equipamentos de Comunicação; Componentes Eletrônicos; Catalisadores; Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos; Farmoquímicos; Instrumentos Médicos, as quais compõem a parte da rede com nós verdes. Neste trabalho, destacamos as indústrias que compreendem o CEIS com nível de complexidade (ICI) e o percentual do emprego total da região destas indústrias – considerando as indústrias estudadas neste trabalho. O CEIS está organizado na Tabela 1 e pode ser visualizado na Figura 4.

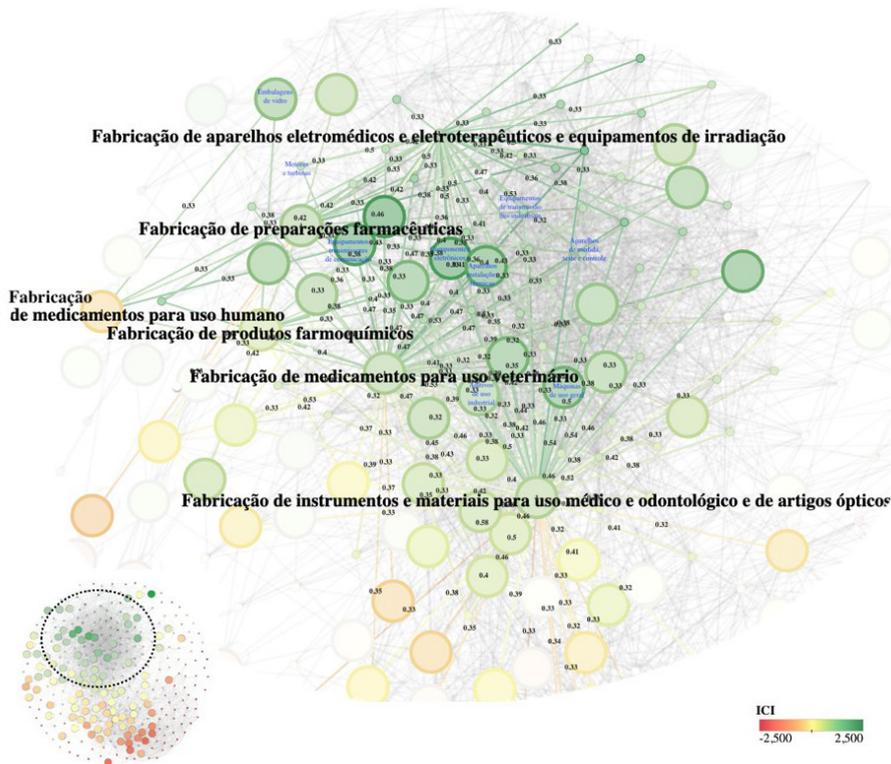
A Figura 4 mostra um recorte da Figura 3, onde é visualizado o conjunto de indústrias que compõem o complexo econômico-industrial da saúde na RMRJ. A fabricação de medicamentos para uso humano é a indústria menos complexa. Além das ligações com outras indústrias do CEIS, esta possui ligações com: fabricação de embalagens de vidro e fabricação de equipamentos transmissores de comunicação, com um grau de relacionamento de 33%. A fabricação de farmoquímicos também possui ligação com a fabricação de embalagens de vidro (grau de relacionamento de 38%). A ligação mais forte, fora das indústrias que compreendem o CEIS, é com a fabricação de aparelhos e equipamentos para instalações térmicas, com um grau de relacionamento de 40%.

TABELA 1
Complexo Econômico-Industrial da Saúde, 2019

Classe CNAE 2.0	Indústria	ICI	% emprego do CEIS dentro deste grupo
21211	Fabricação de medicamentos para uso humano	-0,338	45,4
21106	Fabricação de produtos farmoquímicos	0,391	6,8
21238	Fabricação de preparações farmacêuticas	0,847	2,5
21220	Fabricação de medicamentos para uso veterinário	0,802	2,8
32507	Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	0,717	41,8
26604	Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	1,136	0,6

Fonte: Vasconcellos (2022).

FIGURA 4
Complexo Econômico-Industrial na RMRJ (2019).



Fonte: Vasconcellos (2022).

A indústria de fabricação de preparações farmacêuticas possui ligações mais fortes com indústrias mais complexas, como a fabricação de componentes eletrônicos (43%) e a fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle (40%). Outra indústria relacionada que possui muitas conexões com as mais complexas é a de fabricação de medicamentos para uso veterinário. No total, são 39 ligações com outras indústrias com grau de relacionamento entre 53% e 32%. Por este motivo, esta indústria foi inserida no CEIS no presente trabalho. Dentre as ligações mais fortes, estão: fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle e fabricação de aparelhos e equipamentos para instalações térmicas (53%); fabricação de componentes eletrônicos e fabricação de equipamentos transmissores de comunicação (47%).

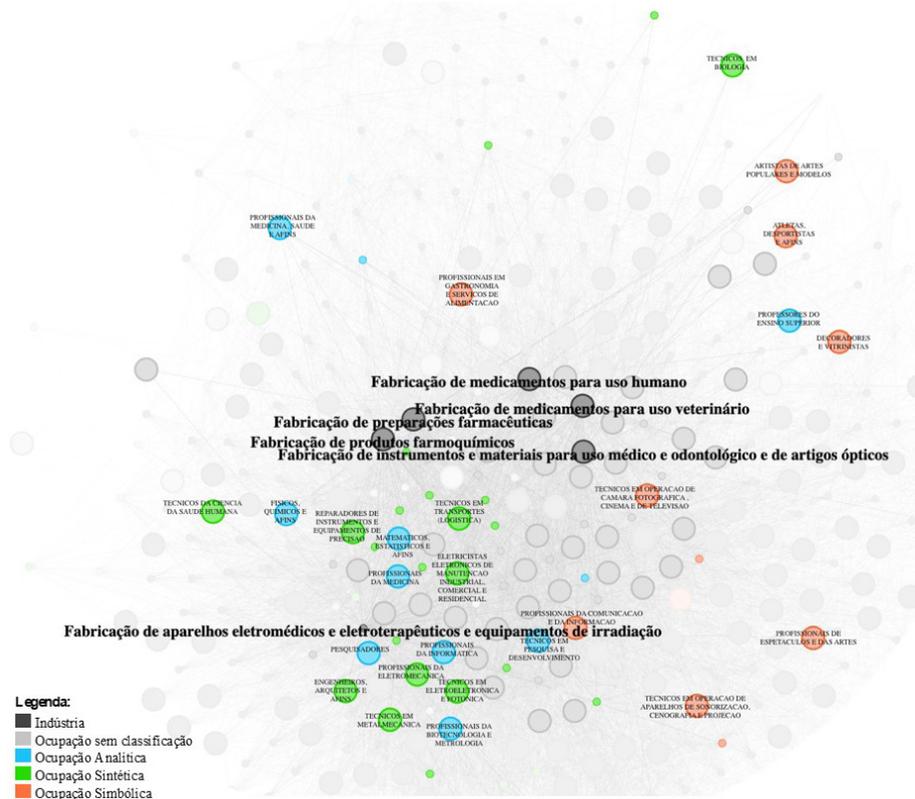
A fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos também possui muitas ligações com várias indústrias, dentre as quais destacam-se: a fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral não especificados anteriormente (54%); e a fabricação de aditivos de uso industrial (50%). Por último, vale mencionar a indústria de fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação: é a única indústria do CEIS na qual a RMRJ não possui VCEI e, além de ser a mais complexa do conjunto das indústrias que compõem o CEIS, possui muitas ligações com outras indústrias complexas.

4.2 Bases de Conhecimento

A partir do cálculo da matriz e da interação entre ocupações e emprego por atividades econômicas, foi possível associar as ocupações às indústrias. Assim, foi feita uma rede bipartida onde as ocupações e as indústrias estão vinculadas, como mostra a Figura 4.

A rede da Figura 5 possui 307 nós que representam as indústrias e 189 nós que representam as ocupações (em nível de subgrupo). Nesta rede, as cores estão de acordo com os três tipos de conhecimento destacados na metodologia de Bases de Conhecimento. Em relação às ocupações da BC sintética, a rede bipartida apresenta: técnicos em biologia; técnicos em navegação aérea, marítima e fluvial, técnicos da ciência da saúde humana; técnicos em transportes (logísticas); reparadores de instrumentos e equipamentos de precisão; eletricitas eletrônicos de manutenção industrial, comercial e residencial; engenheiros, arquitetos e afins; técnicos em metalomecânica; supervisores em indústrias siderúrgicas; profissionais da eletromecânica; técnicos em eletromecânica e fotônica. Nas ocupações da BC analítica estão: profissionais da medicina, saúde e afins; profissionais da medicina; professores do ensino superior; físicos, químicos e afins; matemáticos, estatísticos e afins; pesquisadores; profissionais da informática; profissionais da biotecnologia e metrologia; técnicos de apoio em pesquisa e desenvolvimento. Por último, as ocupações da BC simbólica

FIGURA 6
Bases de Conhecimento ligadas às indústrias do CEIS na RMRJ (2019)



Fonte: Vasconcellos (2022).

ao CEIS não foram analisados neste trabalho. Ainda assim, é possível notar que as bases simbólica e analítica se destacam. No total, a demanda por ocupações classificadas nas BCs para a implementação do CEIS é composta por: 21 ocupações da BC sintética; 11 ocupações da BC analítica; e 10 ocupações de BC simbólica. Isso representa 72,4% do total de ocupações classificadas na BC sintética, 91,6% da BC analítica, e 50% da BC simbólica. Dessa forma, a análise do CEIS da RMRJ confirma seu forte componente analítico ligado à ciência e à pesquisa e à produção industrial de seus bens, e um componente simbólico importante na geração de marcas, propagandas e símbolos dessas indústrias. Observou-se também outro resultado que pode

ser relacionado indiretamente ao CEIS: a ocupação “profissionais da medicina” possui várias ligações com diversas outras indústrias. O que remete à importância do cuidado da saúde humana nas indústrias.

Um resultado relevante foi a quantidade de ocupações da BC sintética que aparecem como “faltantes” na composição das indústrias do CEIS da RMRJ: técnicos de bioquímica e biotecnologia; operadores de produção de laboratório; supervisores de produção industrial química, petroquímica e afins; técnicos em laboratório; técnicos em ciências físicas e químicas afins; operadores de instalações de indústrias químicas, petroquímicas e afins; operadores de outras instalações químicas; supervisores de manutenção eletromecânica e eletroeletrônica; técnicos de nível médio em operações industriais; técnicos em informática; técnicos mecatrônicos e eletromecânicos. Cabe destacar que essas ocupações, por se tratarem de subgrupos da CBO, são comuns a diversas indústrias.

Em suma, pode-se afirmar, a partir da análise da complexidade industrial e das bases de conhecimento, que as indústrias do Complexo Econômico-Industrial da Saúde da Região Metropolitana do Rio de Janeiro apresentaram resultados e possuem várias características, como o nível elevado de complexidade industrial, encadeamentos com vários setores, e variedade de conhecimento demandado, não apenas no sentido de pesquisa e produção, mas também na criação simbólica de marcas. Esses resultados apontam a importância do CEIS para o crescimento econômico regional da RMRJ.

5. Discussão

A metodologia da complexidade econômica pode ser uma boa ferramenta para analisar a estrutura produtiva em nível regional. No entanto, essa abordagem não se aprofunda na questão do conhecimento. Hausmann et al. (2011) afirmam que o conhecimento produtivo está armazenado em várias pessoas e é acumulado ao longo do tempo. Hidalgo e Hausmann (2009) propõem que o

conhecimento produtivo está implícito na estrutura produtiva dos países. Hausmann et al. (2011) e Hidalgo (2015) dissertam sobre a importância das capacidades produtivas, mas não extrapolam suas deduções para análises qualitativas ou quantitativas. Neste sentido, o presente trabalho vai além ao relacionar as indústrias mais complexas do CEIS às Bases de Conhecimento a elas associadas. Assim, buscou-se entender as características dos tipos de conhecimento ligados às indústrias complexas analisadas. A escolha deste recorte se deu pela emergência do debate sobre inovação, desenvolvimento econômico e tecnológico, e sobre desenvolvimento regional, e por conta da atual centralidade da área da saúde nessas discussões. A partir da metodologia adotada, observou-se o nível de sofisticação das indústrias através do ICI, enquanto a taxonomia das BCs permitiu entender as características dos diferentes tipos de conhecimento.

Os resultados gerais sobre a complexidade econômica mostraram que na RMRJ há certa “incompletude” na parte da rede que concentra as indústrias mais complexas. Esse resultado está de acordo com a ideia de “estrutura produtiva oca” de Sobral (2016), e está diretamente relacionado ao processo de desindustrialização e reprimarização que tem esvaziado o tecido produtivo fluminense.

A parte da rede (Figura 3) que concentra as indústrias menos complexas, com nós mais vermelhos, também não está completa, o que confirma a ausência de indústrias ligadas à agricultura, um problema antigo observado não só na RMRJ, mas em todo o estado do Rio de Janeiro. A diversidade produtiva da RMRJ pode ser observada em indústrias de complexidade intermediária, o que corrobora os trabalhos de Sobral (2016) e de Silva (2012), os quais afirmam que a estrutura produtiva fluminense é pautada em indústrias tradicionais, como: bebidas, produtos alimentícios, vestuário, além de manutenção e serviços de impressão.

Algumas características estruturais do Estado do Rio Janeiro podem contribuir para explicar o destaque do conhecimento analítico face ao sintético. Em primeiro lugar, o ERJ se destaca pela forte presença de universidades e instituições de pesquisa federais e regionais, como

a UFRJ, UFF, UFRRJ, UNIRIO, BIORIO, FIOCRUZ, entre outras. Em segundo lugar, como mencionado anteriormente, o ERJ passou por um processo de desindustrialização que esvaziou seu tecido produtivo, limitando as atividades ligadas à produção industrial e, conseqüentemente, reduzindo a BC sintética. Já a BC simbólica pode guardar uma importante característica relacionada à concepção do CEIS na RMRJ no que envolve as marcas (das empresas), ações de propaganda (investimento em *marketing*, patrocínio etc.), símbolos (no sentido de criação de identidade) e eventos (congressos nacionais e internacionais, programas de capacitação etc.).

Quase todas as indústrias que compõem o CEIS apresentam alta complexidade industrial, a exceção é a fabricação de medicamentos humanos. A indústria de fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação é a de maior complexidade. No entanto, esta última é a única do CEIS que não apresenta vantagem de concentração do emprego industrial na RMRJ, ou seja, a região não é especializada nesta indústria. Este representa um grave gargalo para o desenvolvimento do CEIS na região, porque essa indústria possui sofisticação e potencial para inovação e desenvolvimento tecnológico, além de vários encadeamentos com diferentes segmentos industriais. Dentre suas ligações mais fortes estão a fabricação de motores, turbinas, exceto para aviões e veículos rodoviários (50%); fabricação de equipamentos de transmissão para fins industriais (47%); fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral não especificados anteriormente (43%), entre outras. O grau de relacionamento com outras indústrias complexas demonstra as capacidades produtivas existentes nessas indústrias e que podem ter desdobramentos no aumento da complexidade regional. A ausência desta indústria indica que o ERJ importa produtos de outros estados do Brasil, ou mesmo do exterior. É imprescindível, assim, elaborar políticas públicas focadas na atração de empresas desta indústria para fortalecer o CEIS da RMRJ.

Ao observar a estrutura de indústrias e ocupações do CEIS na RMRJ é difícil estabelecer um único tipo de conhecimento dominante.

A base analítica fundamenta a pesquisa e desenvolvimento, inovação, novos medicamentos e novos aparelhos de uso médico, enquanto a base sintética fundamenta a fabricação de medicamentos e aparelhos de uso médico, bem como inovações incrementais nos processos produtivos. As empresas que produzem estes produtos, que em sua maioria são multinacionais, investem também em ocupações da base simbólica ao se engajarem em patrocínios esportivos, propagandas e *marketing*. Foi possível notar, ainda, que é comum que as indústrias possuam mais de uma base de conhecimento. Porém, geralmente, uma das bases é mais essencial na composição de uma determinada indústria. No caso do CEIS, embora a BC analítica se destaque, as demais também se apresentam como importantes na composição final de seu produto. Cabe observar, porém, que foi identificada uma menor presença de ocupações de BC sintética, e isso pode significar ausência ou reduzida quantidade de profissionais com as qualificações técnicas requeridas por esta base na região. Além disso, vale ressaltar que as ocupações da BC sintética são também requeridas por várias outras indústrias. Nesse sentido, este pode ser um outro gargalo para o desenvolvimento econômico regional, não apenas para as indústrias que compõem o CEIS da RMRJ, mas para todas as outras que possuem algum grau de relacionamento e compartilham os mesmos tipos de conhecimento.

A perspectiva das Bases de Conhecimento enfatiza que a pesquisa, a ciência, a produção e a promoção de produtos sejam fomentadas conjuntamente. Assim, o caso do CEIS da RMRJ é um exemplo empírico da importância da promoção conjunta das BCs. Segundo Asheim, Grillitsch e Trippl (2017), novas combinações de BCs, em especial quando a base simbólica está envolvida, parecem se tornar mais importantes como recurso para uma nova trajetória de desenvolvimento. Como observado anteriormente, não existe uma BC mais sofisticada que a outra. Elas são complementares na geração de efeitos para inovação e crescimento econômico. Desta forma, o presente trabalho confirma que o CEIS possui grande potencial para construção de uma nova trajetória para o desenvolvimento econômico regional da RMRJ.

6. Conclusão

A complexidade econômica é uma importante ferramenta para estudar estruturas produtivas regionais. Ao analisar o caso do Complexo Industrial da Saúde na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o presente trabalho traz importantes contribuições. Em primeiro lugar, o indicador de complexidade industrial mostrou que quase todas as indústrias do CEIS possuem alta complexidade, sendo, portanto, relevantes objetos de políticas que visem ao fomento do desenvolvimento regional. Em segundo lugar, embora a RMRJ tenha um nível mediano de complexidade econômica, foi identificado que a região possui um grupo de indústrias relacionadas que possui um alto nível de complexidade industrial. Em terceiro lugar, foi encontrado um conjunto diversificado de tipos de conhecimento no CEIS da RMRJ.

Adicionalmente, a análise do CEIS sob a perspectiva das Bases de Conhecimento mostrou algumas características das ocupações deste complexo. Como esperado, a BC analítica, relacionada à pesquisa e à ciência, tem grande participação. Por sua vez, a BC simbólica está associada às ocupações de promoção de marcas e de *marketing* das empresas que compõem o CEIS. Já a BC sintética corresponde ao conhecimento técnico empregado na produção.

Foram, ainda, observados dois gargalos, um sob a perspectiva da complexidade econômica, e outro sob a perspectiva das bases de conhecimento. O primeiro gargalo se refere à indústria de fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e de equipamentos de irradiação, a qual precisa ser fomentada na região, por não possuir vantagem de concentração do emprego industrial, e por apresentar importantes encadeamentos com indústrias de alta complexidade. O segundo gargalo identificado foi a baixa presença de ocupações associadas à BC sintética, sendo essa diretamente relacionada ao conhecimento técnico para produção dos bens. A identificação destes dois gargalos pode contribuir para o desenho de uma política pública que tenha o objetivo de desenvolver o potencial do CEIS da RMRJ e, conseqüentemente, promover o desenvolvimento econômico regional.

O presente trabalho mostrou o potencial da combinação das abordagens da complexidade econômica e das bases de conhecimento como ferramenta para identificar limites e oportunidades para o desenvolvimento regional. As suas principais limitações têm a ver com as restrições da própria metodologia, com a utilização apenas de dados formais; e com o recorte com foco na agricultura, indústria extrativa e indústria de transformação. Para trabalhos futuros sobre a RMRJ, sugerimos a ampliação da quantidade de indústrias estudadas e a aplicação da metodologia em análises longitudinais.

Referências

- ALERJ. Projeto de Lei nº 1532/2023. Dispõe sobre a criação do comitê de gestão do Complexo Econômico- Industrial da Saúde - CEIS do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: < http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=3&url=L3NjcHJvMjMyNy5uc2YvMGM1YmY1Y2RIOTU2MDFmOTAzMjU2Y2FhMDAyMzEzMWlvZTlmMDI1MDc2YTA2Y2QzMdAzMjU4OWRkMDA1MzQxYmQ/T3BlbkRvY3VtZW50>. Acesso em dezembro de 2023. 2023.
- Anderson, P.; Arrow, K.; Pines, D. The economy as an evolving complex system. Reading: Addison, 1988.
- ARTHUR, W. B. Complexity and the economy. *science*, v. 284, n. 5411, p. 107-109, 1999.
- Asheim, B. et al. Constructing knowledge-based regional advantage: Implications for regional innovation policy. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, United Kingdom, v. 7, n. 2-5, p. 140-155, 2007.
- Asheim, B.; Boschma, R.; Cooke, P. Constructing Regional advantage: Platform policies based on related variety and differentiated knowledge bases. *Regional Studies*, Islāmābād, v. 45, n. 7, p. 893-904, 2011.

- Asheim, B.; Coenen, L. Knowledge bases and regional innovation systems: comparing Nordic clusters. *Research Policy*, Amsterdam, v. 34, n. 8, p. 1173-1190, 2005.
- Asheim, B.; Gertler, M. S. The geography of innovation: regional innovation systems. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C. (eds). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 291- 317.
- Asheim, B.; Grillitsch, M. S.; TRIPPL, M. Introduction: combinatorial knowledge bases, regional innovation, and development dynamics. *Economic Geography*, Worcester, v. 93, n. 5, p. 429-435, 2017.
- Balland, P.-A.; Rigby, D. The geography of complex knowledge. *Economic Geography*, Worcester, v. 93, n. 1, p. 1-23, 2017.
- BALLAND, P.; JARA-FIGUEROA, C.; PETRALIA, S.; STEIJN, M.; RIGBY, D.; HIDALGO, C. Complex economic activities concentrate in large cities. *Nature Human Behaviour*, v. 4, n. 3, p. 248-254, 2020.
- Bathelt, H.; Malmberg, A.; Maskell, P. Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in Human Geography*, London, v. 28, n. 1, p. 31-56, 2004.
- Boschma, R. A concise history of the knowledge base literature: challenging questions for future research. In: ISAKSEN, A., MARTIN, R., TRIPPL, M. (Ed.). *New avenues for regional innovation systems-theoretical advances, empirical cases and policy lessons*. USA: Springer, 2018. p. 23-40.
- Boschma, R. Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda. *Regional Studies*, Islāmābād, v. 51, n. 3, p. 351-364, 2017.
- Boschma, R.; Heimeriks, G.; Balland, P.-A. Scientific knowledge dynamics and relatedness in biotech cities. *Research Policy*, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 107-114, 2014.
- BRASIL. RAIS – Relação Anual de Informações Sociais. Base de Dados. Disponível em: <<https://bi.mte.gov.br/bgcaged/inicial.php>>. Acesso em dezembro de 2022. 2022.

- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Sobre o DECEIS. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/deceis>>. Acesso em novembro de 2023. 2023.
- Cooke, P. et al. Regional knowledge economies- markets, clusters and innovation. Cheltenham, UK; Edward Elgar, 2007.
- Daboín, C. et al. Economic complexity and technological relatedness: findings for american cities. Technical Paper, Brookings Institution, 2019.
- Escobari, M. et al. Growing cities that work for all: a capability-based approach to regional economic competitiveness. Washington: Brookings Institution, 2019.
- Feofiloff, P.; Kohayakawa, Y.; Wakabayashi, Y. Uma introdução sucinta à teoria dos grafos. São Paulo: USP, 2005.
- FIRJAN - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. Complexo Industrial da Saúde no Rio é tema de encontro de ministro com diretoria da Firjan. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/noticias/complexo-industrial-da-saude-no-rio-e-tema-de-encontro-de-ministro-com-diretoria-da-firjan-1.htm?IdEditoriaPrincipal=4028818B46EEB3CD0146FD70E994340B>>. Acesso em janeiro de 2023. 2023.
- FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz. O Complexo Econômico-Industrial da Saúde no Brasil hoje. Disponível em: < <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1181>>. Acesso em janeiro de 2023. 2023.
- Fitjar, R. D.; TIMMERMANS, B. Knowledge bases and relatedness: A study of labour mobility in Norwegian regions. In: A. ISAKSEN, R. MARTIN & M. TRIPPL (Ed.). New avenues for Regional Innovation Systems-theoretical advances, empirical cases and policy lessons (p. 149-171). Cham: Springer, 2018.
- Foray, D.; Lundvall, B. The knowledge-based economy: from the economics of knowledge to the learning economy. In: Neff, D; Siesfeld, G.A; Cefola, J. (Ed.). The economic impact of knowledge. Woburn: Butterworth-Heinemann, 1998. p. x-x.

- Freitas, E. E. *Indústrias relacionadas, complexidade econômica e diversificação regional: uma aplicação para microrregiões brasileiras*. 2019. Tese (Doutorado) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- Frenken, K. A complexity-theoretic perspective on innovation policy. *Complexity, Innovation and Policy, Utreque*, v. 3, n. 1, p. 35-47, 2017.
- Frenken, K.; Van Oort, F.; Verburg, T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies, Islâmâbâd*, v. 41, n. 5, p. 685-697, 2007.
- Gadelha, C. A. G.; Temporão, J. G. *Desenvolvimento, Inovação e Saúde: a perspectiva teórica e política do Complexo Econômico-Industrial da Saúde*. *Ciencia & Saude Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1891-1902, 2018.
- Gadelha, C. G. *O Complexo Econômico-industrial da saúde no Brasil hoje*. São Paulo: Friedrich-Ebert-Stifung, 2020. Disponível em: <<https://library.fes.de/pdf-files/bueros/brasilien/16202.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2021.
- Hausmann, R.; HIDALGO, C.; BUSTOS, S.; COSCIA, M.; CHUNG, S.; JIMENEZ, J.; SIMOES, A.; YILDIRIM, M. *The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity*. Cambridge: Mit Press, 2011.
- Hausmann, R.; Hidalgo, C. A. Appendices - The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington*, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.
- Hausmann, R.; Hidalgo, C. *Country diversification, product ubiquity, and economic divergence*. Cambridge: Harvard, 2010. (CID Working Paper, 201).
- Hausmann, R.; Klinger, B. *The structure of the product space and the evolution of comparative advantage*. Cambridge: Harvard, 2007. (CID Working Paper, 146).

- Hidalgo, C. et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.
- Hidalgo, C. Why information grows: the evolution of order, from atoms to economies. New York: Basic Books, 2015.
- Hidalgo, C.; Hausmann, R. The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Comissão Nacional de Classificação. Disponível em: < <https://cnae.ibge.gov.br/?view=estrutura>>. Acesso em dezembro de 2022. 2022.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE CIDADES. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>>. Acesso em janeiro de 2023. 2023.
- Leão, R.; Giesteira, L. F. O complexo industrial da saúde na Pintec 2017. Cidade: editora, 2020. (Nota Técnica IPEA, 62).
- Mantzavinos, C.; North, D. C.; Shariq, S. Learning, institutions and economic performance. *Perspectives on Politics*, New York, v. 2, n. 1, p. 75-84, 2004. Disponível em: <http://kgc.stanford.edu/documents/Mantzavinos_North_Shariq_Learning_Institutions_Economic_Performance.pdf>. . Acesso em 6 jul. 2021.
- Martin, R. Measuring knowledge bases in Swedish regions. *European Planning Studies*, Abingdon, v. 20, n. 9, p. 1569-1582, 2012.
- Martin, R.; Sunley, P. Complexity thinking and evolutionary economic geography. *Journal of Economic Geography*, Oxford, v. 7, n. 5, p. 573-601, 2007.
- Nelson, R.; Winter, S. An evolutionary theory of economic change. London: Belknap Press, 1982.
- Nonaka, I.; Konno, N. The concept of Ba: Building a foundation for knowledge creation. *California Management Review*, Berkeley, v. 40, n. 3, p. 40-54, 1998.

- Nooteboom, B. A cognitive theory of the firm. *learning, governance and dynamic Capabilities*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2009
- Osório, M.; MELO, L. M.; VERSIANI, M. H.; WERNECK, M. L. (Orgs.). Uma agenda para o Rio de Janeiro: estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento socioeconômico. São Paulo: Editora FGV, 2015.
- Paci, R., USAI, S. Externalities, knowledge spillovers and the spatial distribution of innovation. *Geojournal*, Dordrech, v. 49, p. 381-390, 1999.
- Page, S. Path dependence. *Quarterly Journal of Political Science*, Hanover, v. 1, n. 1, p. 87-115, 2006.
- Polanyi, M. A dimensão tácita. Lisboa: Inovatec, 2010.
- Santos, G. O.; Marcellino, I. Mensuração das bases de conhecimento de regiões selecionadas do Sistema de Inovação Fluminense. In: OSÓRIO, M.; MAGALHÃES, A. F.; VERSIANI, M. H. (Org.). Rio de Janeiro: reflexões e práticas. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2016. p. 99-125.
- Silva, R. D. Indústria e desenvolvimento regional no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 2012.
- Sobral, B. L. B. A falácia da “inflexão econômica positiva”: algumas características da desindustrialização fluminense e do “vazio produtivo” em sua periferia metropolitana. *Cadernos do Desenvolvimento Fluminense*, Rio de Janeiro, n. 10, p. 9-28, 2016.
- Tanner, A. N. The emergence of new technology-based industries: the case of fuel cells and its technological relatedness to regional knowledge bases. *Journal of Economic Geography*, Oxford, v. 16, n. 3, p. 611-635, 2016.
- Teece, D. Strategies for managing knowledge assets: the role of firm structure and industrial context. *Long Range Planning*, London, v. 33, n. 1, p. 35-54, 2000.
- THE OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY - OEC. Disponível em: <<https://oec.world/en/>>. Acesso em: 29 set. 2022.

Vasconcellos, B. L. X.; ROVERE, R.L.; PEREIRA, R.S.; SANTOS, G.O. A Complexidade Econômica como caminho de diversificação para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro: implicações para o complexo industrial da saúde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO (ENEI): INOVAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E PANDEMIA, 5., 2021, São Paulo. Anais... São Paulo: Blucher, 2021. p. 966-987. <http://dx.doi.org/10.5151/v-enei-686>.

Vasconcellos, B. L. X. Oportunidades produtivas para as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro: análise em redes sob as perspectivas da Complexidade Econômica e da Geografia Econômica Evolucionária. 2022, Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Vilhena, A. O Estado do Rio de Janeiro e o Complexo Industrial da Saúde: desafios e potencialidades. Rio de Janeiro: Centro de Estudos Estratégicos da FIOCRUZ, 2021. Disponível em <<https://cee.fiocruz.br/?q=O-Estado-do-Rio-de-Janeiro-e-o-Complexo-Industrial-da-Saude-desafios-e-potencialidades>>. Acesso em: 6 jul. 2021.

Contribuição dos autores:

A. Fundamentação teórico-conceitual e problematização: Bianca Louzada Xavier Vasconcellos e Renata Lèbre La Rovere

B. Pesquisa de dados e análise estatística: Bianca Louzada Xavier Vasconcellos e Rafael Silva Pereira

C. Elaboração de figuras e tabelas: Bianca Louzada Xavier Vasconcellos

D. Elaboração e redação do texto: Bianca Louzada Xavier Vasconcellos e Renata Lèbre La Rovere

E. Seleção das referências bibliográficas: Bianca Louzada Xavier Vasconcellos e Renata Lèbre La Rovere

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Fonte de financiamento: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.