

Análise de Insumo-Produto da Economia do Rio de Janeiro: Uma Abordagem de Redes Complexas

Carine Machado Oliveira¹
Marcelo de Oliveira Passos²
Rodrigo da Rocha Gonçalves³
Wladimir Henriques Motta⁴

Área 3: Localização e concentração das atividades econômicas

Resumo: O estudo analisa a economia do estado do Rio de Janeiro por meio de uma Rede Complexa de Insumo-Produto (RIP), revelando características estruturais da matriz de insumo-produto fluminense. Utilizando dados de 2015, a pesquisa identifica as relações de interdependências entre 22 setores econômicos da cidade do Rio de Janeiro (R1), da região metropolitana (R2) e do estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). A análise mostra a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, sobretudo os chamados serviços industriais de utilidade pública (SIUP), que se apresentam distribuídos ao longo do território fluminense. Também identificamos a expressiva participação do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas. Estes são os mais significativos geradores de encadeamentos para frente (graus ponderados de saída nas RIPs) e para trás (graus ponderados de entrada na RIPs). Embora seja o segundo maior PIB estadual do Brasil, a matriz produtiva do R3 possui fragilidades decorrentes da concentração produtiva e da dependência de setores específicos. Os resultados das RIPs evidenciam setores-chave com elevado potencial de disseminação de externalidades econômicas positivas, as quais são importantes para a elaboração de estratégias de diversificação econômica, bem como para o planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs podem ser úteis no entendimento e na análise de resiliência da rede, o que contribui para superar os desafios econômicos dos três níveis regionais analisados. Além disso, esperamos que eles possam contribuir para a qualidade das decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável da economia fluminense.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto; redes complexas; economia regional; Rio de Janeiro.

Códigos do JEL: D57, C38, C67, C81.

Abstract: The paper analyzes the economy of the state of Rio de Janeiro through a Complex Input-Output Network (RIP), revealing structural characteristics of the input-output matrix of Rio de Janeiro. Using data from 2015, the research identifies the interdependencies between 22 economic sectors of the city of Rio de Janeiro (R1), the metropolitan region (R2) and the state

¹ Doutora em Economia Aplicada pelo Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas (PPGOM/UFPEL). E-mail: caresmachado@gmail.com.

² Professor associado do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados (PPGOM/UFPEL). E-mail: marcelo.passos@ufpel.edu.br.

³ Professor associado da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (PPGE/FURG). Pesquisador do Núcleo de Economia Regional, Urbana e Ambiental (NERUA/FURG). E-mail: rochagoncalves@gmail.com.

⁴ Professor do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos (PPDSP/CEFET-RJ). Coordenador do Núcleo de Pesquisas em Ecoeconomias, Ecoinovações e Desenvolvimento Regional (NEED/CEFET-RJ). Professor adjunto no Departamento de Engenharia de Produção do CEFET-RJ. E-mail: wladimir.motta@cefet-rj.br.

of Rio de Janeiro as a whole (R3). The analysis shows the relevance of the extractive and manufacturing industries, in addition to the trade in services sector, especially the so-called industrial services of public utility (SIUP), which are distributed throughout the territory of Rio de Janeiro. We also identify the significant participation of the services sector, including commerce, transportation, financial and scientific activities. These are the most significant generators of forward (weighted degrees of output in RIPs) and backward (weighted degrees of input in RIPs) linkages. Although it is the second largest state GDP in Brazil, the production matrix of R3 has weaknesses resulting from the concentration of production and dependence on specific sectors. The results of the RIPs highlight key sectors with high potential for disseminating positive economic externalities, which are important for the development of economic diversification strategies, as well as for regional strategic planning. The results also suggest that intersectoral relationships of the RIPs can be useful in understanding and analyzing network resilience, which contributes to overcoming the economic challenges of the three regional levels analyzed. In addition, we hope that they can contribute to the quality of public policy decisions that promote sustainable growth of the economy of Rio de Janeiro.

Keywords: Input-output matrix; complex networks; regional economics; Rio de Janeiro.

JEL codes: D57, C38, C67, C81.

1. Introdução

O presente estudo tem como objetivo mapear as relações intersetoriais entre os diversos setores produtivos da economia do estado do Rio de Janeiro por meio da construção de uma Rede Complexa de Insumo Produto (RIP) e fornecer evidências empíricas da importância estratégica de setores-chave para o desenvolvimento econômico regional, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais eficientes, para a alocação otimizada de recursos e para o fortalecimento da resiliência econômica da região.

As matrizes de insumo-produto (MIP) são ferramentas fundamentais para a análise econômica, proporcionando uma visão detalhada das interações entre diferentes setores produtivos de uma economia. Desenvolvida por Wassily Leontief, que recebeu o Prêmio Nobel de Economia em 1973 por suas contribuições, a MIP descreve como a produção de um setor depende dos insumos de outros, evidenciando a complexa rede de interdependências econômicas. As MIPs são amplamente utilizadas por instituições como o Banco Mundial, FMI, OCDE e órgãos nacionais de estatísticas. No Brasil, o IBGE publica regularmente matrizes de insumo-produto, usadas para análises de políticas econômicas e industriais. Além disso, universidades e centros de pesquisa têm expandido o uso dessa ferramenta em estudos acadêmicos.

Leontief (1951 e 1966) aplicou sua matriz para analisar os efeitos do comércio internacional nos EUA, demonstrando como importações e exportações afetam a estrutura produtiva. Miller e Blair (2009), no livro *“Input-Output Analysis: Foundations and Extensions”*, apresentaram avanços na aplicação das MIPs, incluindo modelos regionais e análises ambientais. No Brasil, o pioneirismo no uso das MIPs é devido a Haddad (1999), que utilizou uma MIP regional para analisar o impacto de políticas econômicas em diferentes regiões do país. Na economia ambiental, destaca-se o trabalho de Lenzen et al. (2004), os quais aplicaram MIPs para mensurar a pegada de carbono de diferentes economias, evidenciando a importância do método em análises ambientais.

Este estudo encontra-se dividido em 4 partes. A primeira é esta introdução, a qual é seguida pela revisão da literatura e pela metodologia. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados. Na quinta, as considerações finais.

2. Revisão da literatura

Nos últimos anos, a aplicação de redes complexas e técnicas de *network science* para a análise de matrizes de insumo-produto (MIP) tem se mostrado uma abordagem inovadora e poderosa. Essa perspectiva permite interpretar as MIPs como redes econômicas, onde os setores produtivos são representados por nós e as relações de fornecimento e demanda entre eles são arestas, com pesos proporcionais aos fluxos econômicos.

Os trabalhos empíricos relevantes associados ao uso de RIPs se intensificaram após a crise financeira de 2007-2008, quando assumiram uma relevância significativa na análise da propagação de choques setoriais em várias economias tendo como resultado uma ampla gama de artigos teóricos e empíricos. Um trabalho seminal nesse contexto é o de Long e Plosser (1983), que construíram um modelo multisetorial de ciclos reais de negócios para demonstrar como os choques setoriais, transmitidos por meio das MIPs, podem ter impactos significativos na volatilidade do Produto Interno Bruto (PIB). Garas et al. (2010), foram também pioneiros na modelagem de MIPs em redes, nas quais mostraram a vulnerabilidade da economia global a choques financeiros, demonstrando como falhas em setores estratégicos podem causar efeitos em cascata. Em seguida, destaca-se o artigo de McNerney et al. (2012), os quais investigaram a rede de insumo-produto global, identificando setores críticos e padrões de propagação de choques econômicos. Cerina et al. (2015) utilizaram técnicas de redes complexas para analisar cadeias globais de valor, destacando a centralidade de determinados países em redes de comércio internacional. Mele et al. (2020) aplicaram métricas de redes para estudar a resiliência de cadeias de suprimentos e sugerir estratégias para minimizar impactos econômicos adversos.

Nesse sentido, embora o uso de redes complexas e métricas de *network science* seja recente na análise de insumo-produto, elas oferecem uma nova dimensão para esta metodologia, permitindo não apenas uma melhor compreensão das interdependências econômicas, mas também a antecipação e mitigação de riscos. Essa abordagem complementa a análise tradicional de MIPs e se mostra especialmente útil em contextos de globalização e economias interconectadas, fornecendo insights valiosos para a formulação de políticas econômicas mais robustas e resilientes.

Os dados constantes na matriz insumo produto brasileira têm como fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e possuem uma defasagem temporal significativa em função dos procedimentos de coleta e tratamento. As Matrizes de Insumo-Produto foram elaboradas a partir dos dados das Contas Nacionais do Brasil e a mais recente data do ano de 2015 tendo sido elaborada a partir das Tabelas de Recursos e Usos das Contas Nacionais do Brasil que foram divulgadas em 2017. Assim, apesar do lapso temporal, os dados utilizados neste estudo são os mais recentes disponíveis. Neste trabalho, a avaliação da estrutura produtiva da economia fluminense é aprofundada a partir da aplicação da metodologia de análise de redes complexas e da utilização do Índice de Rasmussen-Hirschman.

Ao final de 2023, quando esta pesquisa já se encontrava em fase de finalização, a Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro em parceria com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro divulgou uma matriz de insumo-produto atualizada para o estado (FREITAS et al, 2023). Estes dados não foram considerados no presente estudo por, dentre outros fatores, também utilizar dados das Contas Nacionais de 2015, de forma que se preferiu manter a pesquisa baseada nos dados originais. Portanto, tanto este trabalho, como o da Assembleia

Legislativa do Rio de Janeiro utilizam como fontes a última matriz de insumo-produto computada no Brasil, que é esta de 2015.

3. Metodologia, dados e software

A teoria de redes complexas exige algumas breves explicações sobre seus conceitos e sobre sua aplicação à problemas econômicos, enquanto a análise insumo-produto, embora consagrada pela literatura, demanda detalhamento para integrar-se à abordagem de redes.

3.1. Métricas estatísticas de redes complexas e algoritmo de Frucherman-Reingold

As matrizes de insumo-produto (MIPs) podem ser representadas como redes complexas. Cada setor econômico é representado como um nó, e as transações econômicas entre esses setores são representadas como arestas. Isso permite a análise das interdependências econômicas entre setores e a avaliação de choques econômicos em cascata.

Os encadeamentos para frente e para trás, tal como descritos pelo economista Albert O. Hirschman, constituem uma abordagem importante para analisar os efeitos econômicos de mudanças em um setor específico de uma economia. Essa teoria descreve como as mudanças na demanda ou na produção de um setor podem afetar outros setores da economia, criando um efeito cascata.

O encadeamento para frente (forward linkage) ocorre quando um aumento na produção ou na demanda de um setor específico gera um aumento na produção e na demanda em setores relacionados. Isso ocorre porque o aumento na atividade de um setor impulsiona a demanda por produtos ou serviços de outros setores que estão ligados a ele na cadeia produtiva. Dentro desse contexto, os encadeamentos para frente, também conhecidos como horizontais explicam a parcela do investimento induzido relacionada à venda de insumos pelas indústrias refletindo os estímulos à produção que resultam do uso dos insumos adquiridos. Quando os índices de encadeamento para frente excedem 1, indicam que o setor é altamente demandado pelos demais.

Já o encadeamento para trás (backward Linkage) descreve a situação na qual um aumento na produção ou na demanda de um setor específico leva ao aumento da produção e da demanda nos setores que fornecem os insumos e matérias-primas para esse setor. Em outras palavras, um setor que depende de insumos de outros setores gera demanda para esses setores fornecedores. Também chamados de encadeamentos verticais, eles revelam até que ponto um setor demanda insumos da economia em comparação com os demais. Quando seus valores ultrapassam 1, sinalizam que o setor depende substancialmente dos demais setores.

O índice de ligação Hirschman-Rasmussen, doravante abreviado como IHR, foi desenvolvido com base na teoria dos encadeamentos produtivos de Hirschman e representa a soma dos encadeamentos para frente e dos encadeamentos para trás fornecendo uma medida da importância relativa de um setor específico na economia. Quando ambos os encadeamentos são maiores que 1, o IHR também será superior a 1, o que indica que o setor em questão desempenha um papel de destaque na economia, tanto na demanda por insumos quanto na oferta de produtos e serviços.

Com efeito, O IHR é frequentemente utilizado para identificar setores-chave em uma economia, setores com um IHR elevado são considerados essenciais para o crescimento econômico e para a geração de emprego. Mudanças em setores com IHR alto terão efeitos mais amplos e profundos na economia como um todo, tornando-se particularmente relevantes para a previsão de consequências de eventos, políticas ou choques econômicos. O IHR ajuda ainda a compreender a competitividade de setores industriais e as interconexões entre eles. Isso é útil para estratégias de negócios, formulação de políticas industriais e análises de cadeias de suprimento.

3.1.1. Graus ponderados (de saída, de entrada e totais)

No âmbito da ciência de redes, as métricas adequadas para descrever os encadeamentos para frente, para trás e a soma deles (o IHR) são, respectivamente, os graus ponderados de saída, de entrada e o grau ponderado total (que representa a soma dos dois anteriores, isto é, o IHR).

$$k_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad 0 < k_i < n \quad (1) \quad \text{e} \quad k_v = |N_v| \quad 0 < k_v < n \quad (2)$$

Onde a_{ij} é a entrada da i -ésima linha e j -ésima coluna da matriz de adjacência A . E N_v é a vizinhança do agente (nó ou vértice) V .

Em redes direcionadas, como é o caso da rede da Matriz de Insumo-Produto (MIP), na qual todos os nós/setores pertencentes à rede estão interconectados, temos:

k_i^+ = grau de entrada (número de encadeamentos para trás de cada nóduo/setor, ou seja, número das arestas ou encadeamentos que começam no nóduo v).

k_i^- = grau de saída (número de encadeamentos para frente, isto é, número das arestas ou relações que terminam no agente v).

$$k_i^+ = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (3) \quad \text{e} \quad k_i^- = \sum_{j=1}^n a_{ji} \quad (4)$$

A medida do grau em redes direcionadas é também conhecida como prestígio. Há dois tipos de prestígio: (i) o prestígio de suporte, que se relaciona com o grau de entrada; e (ii) o prestígio de influência, relacionado ao grau de saída.

Em redes ponderadas, como as deste estudo, a força é análoga ao grau e corresponde à soma dos pesos das conexões associadas a um determinado agente (ou às relações ligadas a esse agente), como ilustrado na equação (5).

Dessa forma, o grau ponderado representa o IHR sendo equivalente à soma dos pesos das arestas adjacentes a um dado nóduo/setor ou dos encadeamentos ligados a este.

$$k_i^w = \sum_{j=1}^n a_{ij}^w \quad (5)$$

onde w equivale ao peso dos encadeamentos vinculados ao setor.

3.1.2. O PageRankTM

Conforme Dode e Hasani (2017), o PageRankTM é um algoritmo de análise de ligações que se baseia no conceito de centralidade do vetor próprio, utilizado pelo motor de busca da Google na medição de importância ou relevância das páginas da internet.

A relevância de uma página é medida com base no valor da informação transmitida por essa página. As que são consideradas mais valiosas tendem a aparecer no topo dos resultados das pesquisas no Google.

A ideia do algoritmo é que a informação da Web pode ser classificada de acordo com a popularidade da ligação: quanto maior o número de páginas ligadas a uma dada página Web, maior a sua popularidade. No entanto, a relevância dessas ligações também é importante. O PageRank mede a importância relativa de um conjunto de páginas Web, tendo por base não apenas a quantidade, mas sobretudo a qualidade das respectivas ligações.

3.2. O algoritmo de layout de Fruchterman-Reingold

O algoritmo de Fruchterman-Reingold (1991) é um algoritmo de layout direcionado pela força, isto é, ele avalia a força existente entre dois vértices ou nós (que no caso da rede complexa a ser analisada na seção 4, são representados pelos setores da MIP).

Ele é amplamente utilizado para o layout de redes complexas e baseia-se no modelo de forças físicas, conhecido como force-directed layout. O algoritmo simula o comportamento de partículas sujeitas a forças de atração e repulsão, representando os nós como partículas e as arestas como molas. Uma analogia bastante usada diz que neste algoritmo os nós são representados por anéis de aço e as arestas são molas entre eles. A força atrativa equivale à força da mola e a força repulsiva representa a força elétrica.

No caso da MIP, as arestas ou ligações que representam a força são ponderadas (ou “pesadas”) pelo Índice de Hirschmann-Rasmussen - IHR (que sintetiza a força dos encadeamentos para frente e para trás).

3.3. Dados e softwares

Neste estudo foi empregada a matriz regional de insumo-produto referente ao estado do Rio de Janeiro, com vinte e dois setores produtivos referente ao ano de 2015. Tal matriz foi gerada a partir da regionalização da matriz inter-regional de insumo-produto Rio de Janeiro vis-à-vis o Restante do Brasil, com uma estrutura tecnológica de setor versus setor, que abrange vinte e dois setores produtivos para cada região, listados na Tabela 1, conforme descrições do CNAE – Classificação Nacional das Atividades Econômicas, as quais são elaboradas pelo CONCLA – Comissão Nacional de Classificação do IBGE⁵. A matriz foi estimada pela Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo – NEREUS utilizando o método Interregional Input-Output Adjustment System – IIOAS e disponibilizada por Haddad et al. (2020).

O estudo é dividido em três regiões. A primeira (R1) refere-se à cidade do Rio de Janeiro, a segunda (R2), ao arranjo populacional do Rio de Janeiro e a terceira (R3), às relações produtivas de todo o estado do Rio de Janeiro.

Tabela 1: Setores das MIPs do Rio de Janeiro

SETOR	DESCRIÇÃO	SETOR	DESCRIÇÃO
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	12	Informação e comunicação
2	Indústrias extrativas	13	Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados
3	Produtos alimentares	14	Atividades imobiliárias
4	Máquinas e equipamentos	15	Atividades científicas, profissionais e técnicas
5	Outras indústrias de manufatura	16	Atividades administrativas e serviços complementares
6	Eletricidade e gás	17	Administração pública, defesa e seguridade social
7	Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação	18	Educação
8	Construção	19	Saúde humana e serviços sociais
9	Comércio; reparação de veículos automotores e motocicletas	20	Artes, cultura, esporte e recreação
10	Transporte, armazenagem e correio	21	Outras atividades de serviços
11	Alojamento e alimentação	22	Serviços domésticos

Fonte: IBGE.

⁵ Website do CONCLA, para consultas dos setores do CNAE - <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html>

A construção de uma MIP exclusivamente para o arranjo populacional do Rio de Janeiro (R2) justifica-se pelas características demográficas da região, a qual tem a metropolização como uma característica histórica. Silva (2004) considera que a metropolização é uma das características mais marcantes da economia fluminense, o que se traduz pela significativa concentração de sua produção e renda na região. De acordo com os dados apresentados pelo autor, em 2000, cerca de 71% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual era gerado nessa área específica, com a capital estadual contribuindo com 54% do total do PIB do estado.

O software utilizado foi o Gephi 0.9.7, que é um programa livre para computação de estatísticas de redes complexas e modelagem gráfica destas redes com base em diversos algoritmos de layout.

4. Resultados

4.1. Rede complexa de insumo-produto do município do Rio de Janeiro

Examinando a Tabela 2, observamos, em ordem decrescente de graus ponderados, os setores mais representativos da rede. O grau ponderado é a soma dos graus ponderados de saída (que representam os encadeamentos para frente) e dos graus ponderados de entrada (que denotam os encadeamentos para trás). Assim, quanto maior for o grau ponderado, mais relevante será o setor em termos quantitativos (mas não qualitativos).

Tabela 2 - Estatísticas da rede complexa de insumo-produto do R1, município do RJ

Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	PageRanks TM
1	Comércio e reparação de automotivos	3.641,17	5.410,04	9.051,21	0,081
2	Ativds científicas, profissionais e técnicas	4.722,36	3.839,97	8.562,33	0,115
3	Transp., armazenagem e correio	3.164,10	4.707,61	7.871,71	0,069
4	Ativds administrativas e servs.complementares	3.322,53	3.739,93	7.062,46	0,082
5	Ativds. financeiras, seguros etc.	1.365,30	4.439,36	5.804,66	0,039
6	Informação e comunic.	2.128,10	2.713,59	4.841,69	0,077
7	Alojam. e alimentação	2.139,73	2.258,27	4.398,00	0,047
8	Ativds imobiliárias	465,68	3.770,06	4.235,74	0,019
9	Outras ativds. de serviços	2.853,68	1.329,73	4.183,41	0,062
10	Admin. públ., defesa e seguridade social	2.536,52	973,11	3.509,63	0,079
11	Saúde humana e serviços sociais	3.087,80	22,67	3.110,47	0,065
12	Outras inds. de manufaturas	1.824,10	1.199,58	3.023,68	0,035
13	Educação	2.121,75	895,93	3.017,68	0,052
14	Inds. extrativas	1.658,61	55,19	1.713,81	0,060
15	Artes, cultura, esporte e recreação	879,73	594,42	1.474,15	0,025
16	Construção	494,51	296,25	790,76	0,017
17	Elêtric. e gás	179,34	363,06	542,40	0,037
18	Água, esgoto e ativds. gestão de resíduos	47,84	147,35	195,19	0,009
19	Máquinas e equipamentos	95,22	3,99	99,21	0,009
20	Produtos alimentares	46,52	19,41	65,93	0,008
21	Agricultura, pecuária, prod. florestal, pesca e aquicultura	6,42	1,48	7,90	0,007
22	Serviços domésticos	0,00	0,00	0,00	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

Os setores que registraram os índices mais elevados de encadeamento para a frente (isto é, aqueles com maiores graus de saída ponderados, ou os que foram mais demandados por outros setores da região) foram: comércio e reparação de automotivos (5.410,04); transporte, armazenagem e correio (4.707,61); atividades financeiras, seguros etc. (4.439,36); atividades científicas, profissionais e técnicas (3.839,97); atividades imobiliárias (3.770,06) e atividades administrativas e serviços complementares (3.739,93). A Figura 1 mostra a rede complexa com a distribuição dos graus ponderados para todos os setores.

Já no que se refere a geração de encadeamentos para trás, os maiores índices foram registrados para os seguintes setores: atividades, profissionais e técnicas (4.722,36); comércio e reparação de automotivos (3.641,17); atividades administrativas e serviços complementares (3.322,53); transporte, armazenagem e correio (3.164,10) e saúde humana e serviços sociais (3.087,80).

Chama a atenção a relevância do setor 2: atividades profissionais, científicas e técnicas. Ele possui que possui índices equilibrados de encadeamentos para trás (4.722,36) e para frente (3.839,97), mas impressiona com a medida de PageRankTM mais significativa da RIP (0,115).

Este setor compreende atividades jurídicas, contabilidade, arquitetura e engenharia, pesquisa científica, publicidade, pesquisa de mercado, fotografia profissional, consultorias e serviço veterinário. Estão aí inclusas a criação e a produção de campanhas de publicidade para qualquer finalidade, para veiculação em quaisquer tipos de veículos de comunicação e atividades de sedes de empresas e de consultoria em gestão empresarial.

O PageRankTM é projetado para avaliar a importância relativa de um setor dentro da rede. Ele funciona atribuindo pontuações a cada setor com base em sua importância percebida na rede. A ideia fundamental por trás do PageRankTM é que um setor é importante se for vinculado a outros setores importantes. Nesse sentido, o PageRankTM pode ser entendido como uma medida de relevância da qualidade das conexões de um setor. Assim, um setor pode apresentar um nível de encadeamento menor mas ter um PageRankTM alto, caso tenha conexões mais relevantes, em termos qualitativos, do que as dos demais. O algoritmo leva em consideração o número e a qualidade das conexões que apontam para um setor/nóculo. Dessa forma, um setor com muitas conexões de outros setores importantes tem uma classificação mais alta. Portanto, o fato de a Vale e a Petrobras, que são as duas maiores empresas do país, estarem sediadas na cidade do Rio de Janeiro, ajudou a “inflar” os números e a importância das conexões desse setor.

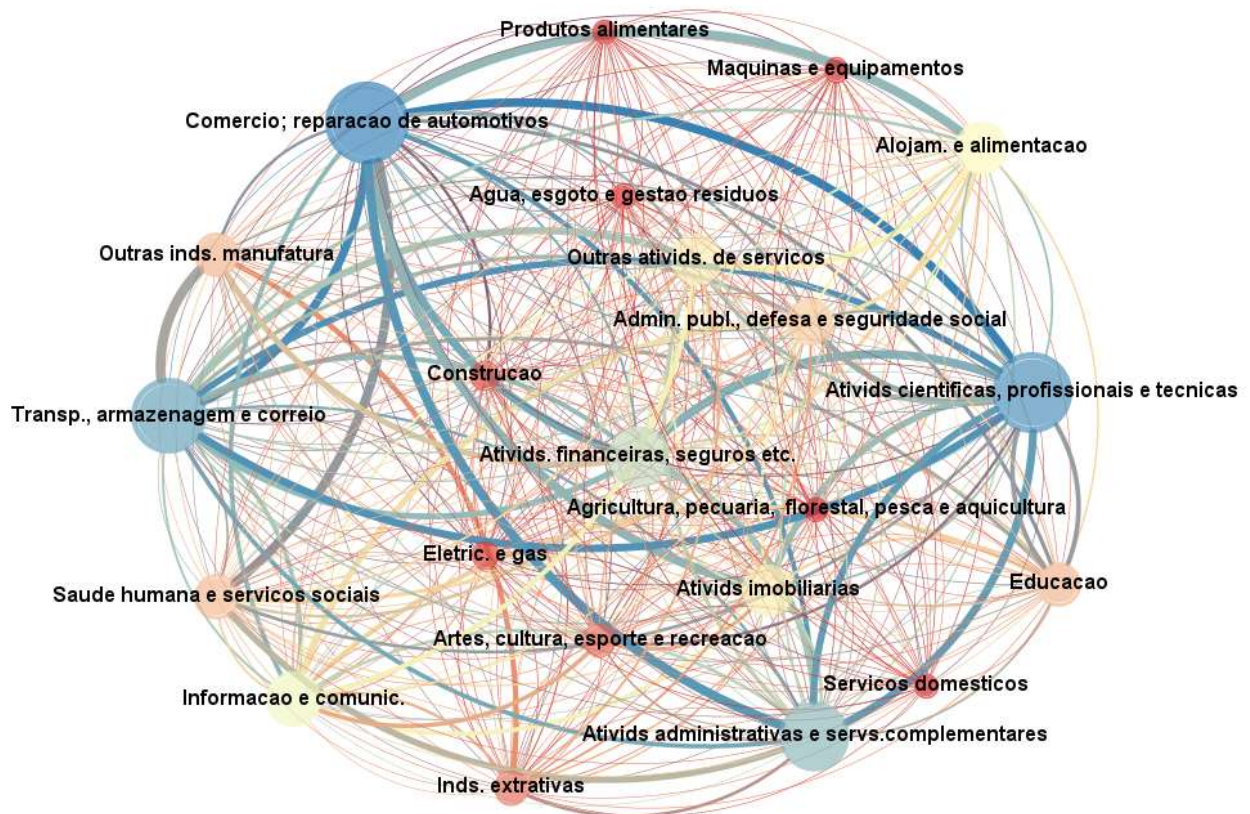
O setor de serviços carrega a característica de ser mais concentrado que o da indústria. E no que se refere aos serviços de informação e comunicação, que são serviços prestados às empresas (business to business ou B2B), ele é intensivo em tecnologia (Hasenclever et al, 2012). No ano de 2015, os serviços técnicos, serviços de publicidade e transportes responderam por 12,1% dos empregos formais na cidade do Rio de Janeiro⁶. A relevância do setor dentro da MIP é explicada pela qualidade de suas conexões. Como nessa classe estão inclusos os serviços de publicidade, consultoria empresarial e atividades de sedes de empresas, esse setor se liga a maioria das grandes firmas em operação no Rio de Janeiro e a todos os setores estratégicos.

Na Figura 1, esta interpretação é confirmada ao se observar a representação gráfica da MIP (a qual denominamos rede complexa de insumo-produto, doravante denominada RIP). Percebe-se nela que o setor referido no parágrafo anterior possui um dos maiores nódulos da rede, ligando-se a outros setores mais representativos, como comércio e reparação de automotivos, transp., armazenagem e correio, atividades administrativas e serviços complementares e atividades financeiras.

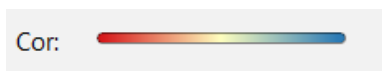
⁶ Prefeitura municipal do Rio de Janeiro, Número de empregados por atividade econômica segundo as Áreas de Planejamento (AP), Regiões Administrativas (RA) e Bairros no Município do Rio de Janeiro em 2005-2021 .Disponível em <<https://www.data.rio/documents/4ac24082a29c491eb9e45bdadd4e17b9/about>>

Na escala de cores da rede da figura 1, quanto maior for a relevância do setor, maior o seu grau ponderado. Quanto maior for esse grau, mais escuro será o azul do nó e da aresta. Em ordem decrescente de grau ponderado, descemos do azul escuro para tons mais claros de azul, depois de verde claro, amarelo, laranja, vermelho claro e, finalmente, o vermelho escuro, que representa os setores com menor grau ponderado, isto é, menos relevantes em termos de IHR (que, como vimos, representa a soma dos encadeamentos para frente e para trás).

Figura 1 - Rede complexa de insumo-produto (RIP) do município do Rio de Janeiro (R1): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



4.2. Rede complexa de insumo-produto (RIP) do arranjo populacional (R2) do Rio de Janeiro

Tal como vemos no mapa da Figura 2, os municípios que compõem a região metropolitana do Rio de Janeiro (R2) são: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti, Saquarema, Seropédica e Tanguá.

Em 2024, estas cidades registraram uma população residente estimada pelo IBGE de 12.936.629 habitantes. Descontando a população do Rio de Janeiro, que é de 6.729.894 habitantes neste mesmo ano, os outros municípios da R2 tem 6.206.735 habitantes, ou seja, possui 47,98% da população da R2. A R2 também responde por 64% do PIB do estado, com a

cidade do Rio de Janeiro respondendo por cerca da metade do PIB estadual e os outros municípios da R2 gerando cerca de 14% deste PIB⁷.

Figura 2 - Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Grande Rio ou R2)



Fonte: Fundação Ceperj - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro.

Nesse sentido, a Tabela 3⁸ evidencia os seis setores que registraram os índices mais elevados de encadeamentos para a frente ou graus de saída (aqueles que foram mais demandados por outros setores da região). Assim, temos em ordem decrescente: atividades científicas, profissionais e técnicas (1.596,81); outras indústrias manufatura (1.543,70); atividades administrativas e serviços complementares (966,04); informação e comunicação (856,9); atividades financeiras, seguros etc. (759,30) e transporte, armazenagem e correios (581,51). O setor líder em grau de saída foi o de atividades científicas, profissionais e técnicas. Como já mencionamos na seção anterior, onde ele também apareceu com destaque na R1, este setor engloba atividades jurídicas, contabilidade, arquitetura e engenharia, pesquisa científica, publicidade, pesquisa de mercado, fotografia profissional, consultorias e serviço veterinário.

Com efeito, os seis setores que exibiram índices mais elevados de encadeamento para trás ou graus de entrada, foram:

1. Transportes, armazenagem e correio (1231,36): este setor está relacionado às atividades dos portos de Niterói e Itaguaí, bem como às várias empresas de ônibus e transporte de cargas por caminhões que existem nas cidades da R2;
2. Comércio e reparação de automotivos (998,33): os serviços de atividades científicas, profissionais e técnicas, descritos no parágrafo anterior são muito demandados pelo forte comércio que existe na R2. Além disso, o tamanho da população e o nível de

⁷ A R2 foi criada em 1974, após a fusão dos estados do Rio de Janeiro e da Guanabara. Ao longo dos anos, a região passou por diversas modificações, com desmembramentos e emancipações de municípios.

⁸ A Tabela 3 tem a mesma configuração da tabela 2, descrita na seção anterior. Suas formas de interpretação são, portanto, bastante similares, a não ser pelo fato de que a Tabela 3 descrever as estatísticas da estrutura produtiva do chamado “Grande Rio”, isto é, da região metropolitana (ou arranjo populacional) do Rio de Janeiro (R2). A tabela 2, como vimos, descrevia a economia da cidade do Rio de Janeiro.

renda favorecem as atividades comerciais (muitas delas ligadas à economia informal, ainda que exista também um forte comércio formalizado);

3. Administração pública, defesa e seguridade social (699,63): o Exército Brasileiro possui, na cidade de Niterói algumas das suas unidades (comandos) importantes no estado. Em Paracambi também se encontra o Depósito Central de Munição. O mesmo ocorre com a Marinha, que possui a Base Naval do Rio de Janeiro em Niterói e duas bases de submarinos (uma em Itaguaí e outra em Niterói). Há também outras instituições militares sediadas em cidades do R2.
4. Indústrias extrativas (691,98): um exemplo é a *Afton Chemical*, sediada em Belford Roxo.
5. Eletricidade e gás (486,79): A empresa Raízen tem sua sede em Duque de Caxias.
6. Educação (460,14). este setor está relacionado aos campi da UERJ (em São Gonçalo e Duque de Caxias), bem como aos da UFF (em Niterói), aos da UFRRJ (em Seropédica e Nova Iguaçu), ao do IF Fluminense (em Maricá) e aos do IFRJ (em Belford Roxo, Duque de Caxias, Niterói, São Gonçalo, Nilópolis, Mesquita, São João do Meriti e Paracambi), além de outras instituições privadas de ensino superior.

Tabela 3 - Estatísticas da RIP da Região Metropolitana do RJ (R2)

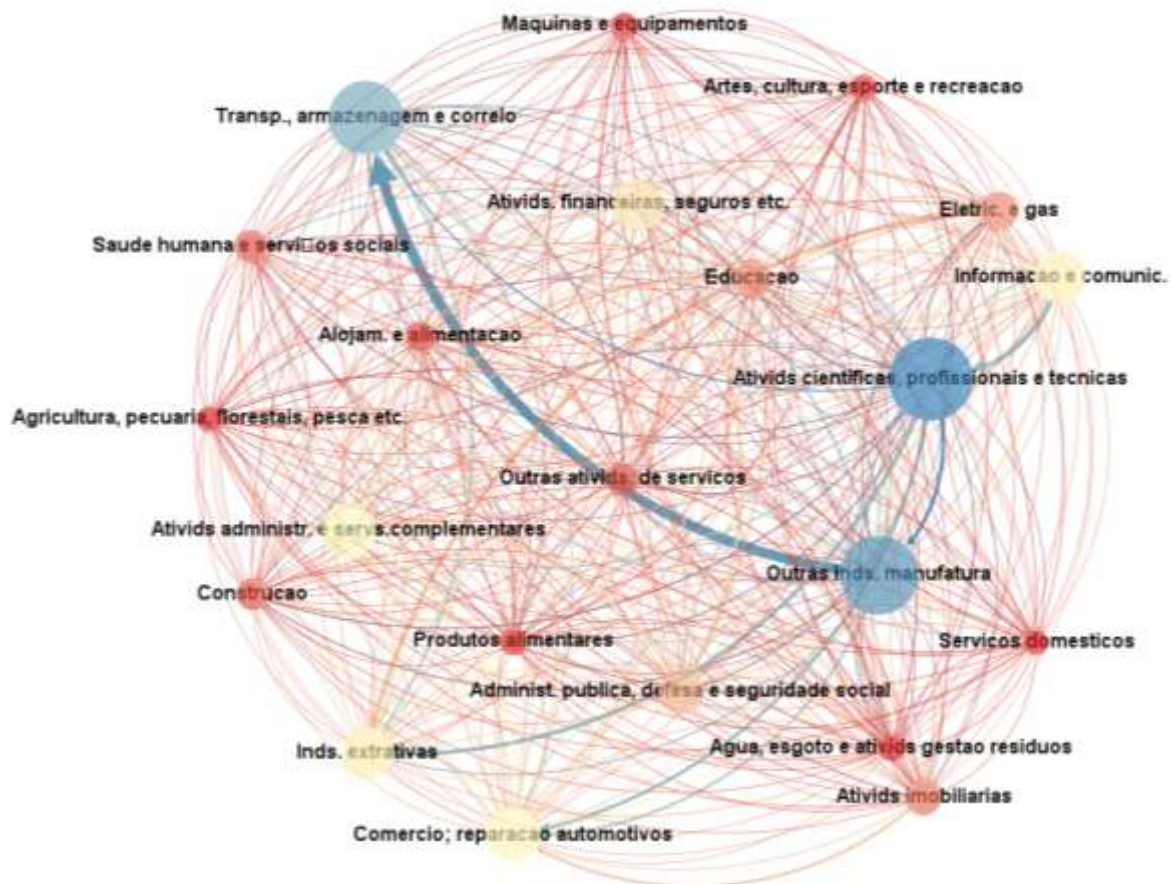
Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	PageRanks TM
1	Ativds científicas, profissionais e técnicas	588,40	1596,81	2.185,21	0,069
2	Outras inds. manufatura	463,83	1543,70	2.007,53	0,075
3	Transp., armazenagem e correio	1231,36	581,51	1.812,87	0,089
4	Ativds administr. e servs.complementares	159,11	966,04	1.125,15	0,048
5	Comércio e reparação de automotivos	998,33	53,43	1.051,76	0,109
6	Informação e comunic.	160,18	856,90	1.017,08	0,031
7	Inds. extrativas	691,98	320,40	1.012,38	0,075
8	Ativds. financeiras, seguros etc.	222,82	759,30	982,12	0,029
9	Administ. pública, defesa e seguridade social	699,63	38,49	738,12	0,078
10	Ativds imobiliárias	71,41	326,15	397,56	0,012
11	Construção	223,72	35,21	258,93	0,035
12	Outras ativds. de serviços	187,90	58,44	246,34	0,041
13	Saúde humana e serviços sociais	232,54	0,77	233,31	0,051
14	Alojam. e alimentação	134,56	73,51	208,07	0,036
15	Água, esgoto e ativds gestão resíduos	80,70	11,84	92,54	0,022
16	Produtos alimentares	67,42	7,27	74,69	0,018
17	Máquinas e equipamentos	60,76	1,56	62,32	0,017
18	Artes, cultura, esporte e recreação	51,15	10,49	61,64	0,133
19	Eletric. e gás	486,79	19,95	506,74	0,080
20	Educação	460,14	12,90	473,04	0,058
21	Agricultura, pecuária, florestais, pesca etc.	2,87	1,41	4,28	0,008
22	Serviços domésticos	0,003	0,002	0,01	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

As considerações acima podem ser visualizadas na RIP da Figura 3, cuja interpretação da escala de cores das arestas (ligações) e dos nós - bem como das dimensões de ambos - é similar à da Figura 4.

Destaca-se na figura as conexões fortes entre os setores de transporte, armazenagem e correio, outras indústrias de manufatura e atividades profissionais e técnicas. Estas conexões estão destacadas pelas espessuras das arestas de cor azul e pelo maior tamanho dos nós.

Figura 3 - Rede complexa de insumo-produto (RIP) da Região Metropolitana do RJ (R2): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



Na cor amarela há outras arestas e nós que também são relevantes na RIP: informação e comunicação (com vínculo forte com atividades científicas, profissionais e técnicas); outras indústrias de manufatura (conectada com comércio e reparação automotivos e indústrias extrativas). (conectado com outras indústrias de manufatura); além de duas conexões relevante que vinculam o setor de educação com os setores de indústrias extrativas e eletricidade e gás.

4.3. RIP de todo estado do Rio de Janeiro (R3)

A Tabela 4 tem as mesmas características das Tabelas 3 e 2, das duas seções anteriores. Ela exhibe as estatísticas de rede complexa de insumo-produto (RIP) do R3 como, como um todo. Tal como as duas anteriores, os setores da tabela 4 estão dispostos em ordem decrescente

de graus ponderados. Portanto, os setores com maiores níveis de centralidade da RIP estão colocados acima e, de forma descendente, os setores menos relevantes são dispostos em seguida.

Assim sendo, a Tabela 4 revela que os seis setores com índices mais altos de encadeamentos para a frente ou graus de saída ponderados (aqueles que foram mais demandados por outros setores da região) foram, em ordem decrescente: comércio e reparação de automotivos (3.572,02); atividades científicas, profissionais e técnicas (3.536,63); transporte, armazenagem e correio (3.155,31); outras indústrias de manufatura (2.723,61); atividades administrativas e serviços complementares (2.347,40) e atividades financeiras, seguros etc. (1.953,21).

Tabela 4 - Estatísticas da rede complexa de insumo-produto de todo estado do RJ (R3)

Rank	Setor produtivo	Grau de entrada ponderado	Grau de saída ponderado	Grau ponderado	PageRanks TM
1	Comércio e reparação de automotivos	3.131,94	3.572,02	6.703,96	0,092
2	Outras inds. manufatura	2.705,76	2.723,61	5.429,37	0,095
3	Ativids científicas, profissionais e técnicas	1.654,94	3.536,63	5.191,57	0,068
4	Transp., armazenagem e correio	1.184,49	3.155,31	4.339,80	0,043
5	Eletric. e gás	2.020,94	1.756,38	3.777,32	0,087
6	Inds. extrativas	2.310,37	1.042,83	3.353,20	0,083
7	Construção	1.704,19	1.584,65	3.288,84	0,049
8	Ativids administrativas e servs.complementares	658,39	2.347,40	3.005,79	0,032
9	Informação e comunic.	1.053,29	1.860,51	2.913,80	0,039
10	Ativids. financeiras, seguros etc.	773,37	1.953,21	2.726,58	0,027
11	Administ. pública, defesa e seguridade social	2.060,19	515,33	2.575,52	0,063
12	Alojam. e alimentação	1.196,76	691,57	1.888,33	0,048
13	Água, esgoto e ativids gestão de resíduos	1.126,71	699,44	1.826,15	0,039
14	Educação	1.297,99	206,24	1.504,23	0,041
15	Saúde humana e serviços sociais	1.442,14	7,36	1.449,50	0,053
16	Máquinas e equipamentos	929,86	284,50	1.214,36	0,031
17	Produtos alimentares	864,36	221,23	1.085,59	0,028
18	Outras ativids. de serviços	754,05	237,28	991,33	0,035
19	Ativids imobiliárias	224,77	651,29	876,06	0,012
20	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	221,73	414,17	635,90	0,015
21	Artes, cultura, esporte e recreação	227,70	82,98	310,68	0,014
22	Serviços domésticos	-	-	-	0,007

Fonte: Cálculos dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.

Já enfatizamos, na seção anterior sobre a RIP da R2, a relevância e as características dos três primeiros setores com maiores encadeamentos para frente (ou graus de saída) da economia

fluminense. Em relação ao quarto setor, que é o de atividades administrativas e serviços complementares, esta rubrica engloba serviços como: contabilidade, recepção, arquivamento de documentos, coworking, atendimento telefônico, redação de documentos, elaboração de relatórios, enfim, diversas atividades que podem ser descritas resumidamente como serviços de escritório e apoio administrativo. Estas atividades demonstraram baixo encadeamento para trás (grau de entrada), isto é, são atividades que demandam poucos bens e serviços, mas que são muito demandadas por outros setores. Esta demanda expressiva que este setor possui, tal como as demandas dos outros três setores que lideram o “sexteto” descrito no parágrafo anterior, é um reflexo do fato de a economia do R3 estar muito baseada em comércio e serviços (como os de transporte e armazenagem e os das atividades científicas, profissionais e técnicas) como já foi mencionado anteriormente na análise dos resultados do R1 e do R2.

Já sobre o quinto setor de atividades financeiras e seguros, pode-se afirmar que o setor financeiro do R3, o qual está fortemente concentrado na capital do estado, é o segundo mais representativo do país, ficando atrás apenas do setor financeiro de São Paulo, onde está sediada a B3, principal bolsa de valores do país e a maior da América Latina⁹.

Avaliando agora os encadeamentos para trás (graus de entrada ponderados), observamos que os seis setores líderes nesta métrica, em ordem decrescente, são: comércio e reparação de automotivos (3.131,94); outras indústrias de manufatura (2.705,76); indústrias extrativas (2.310,37); administração pública, defesa e seguridade social (2.060,19); eletricidade e gás (2.020,94) e construção (1.704,19).

Estes são os setores, portanto, pelo conceito de encadeamentos para trás, que mais demandam bens e serviços de outros setores. Maiores graus de entrada, nesse sentido, implicam em maiores compras de bens e serviços de outros setores que compõem a RIP. Tal como visto nas considerações anteriores, o R3 possui um setor industrial importante, sobretudo em relação às cadeias de petróleo e gás e energia. Este setor é relevante ainda, apesar do processo de desindustrialização que vem afetando vários países e unidades da federação do Brasil. E sua relevância se traduz nestes encadeamentos para trás e também em expressivos encadeamentos para frente (graus de entrada ponderados), conforme podemos observar na Tabela 4.

Em relação aos PageRanksTM, cabe ressaltar novamente a relevância qualitativa na RIP do setor de administração pública, defesa e seguridade social. A relevância dos setores de comércio e reparação de automotivos; outras indústrias de manufatura; atividades científicas, profissionais e técnicas e eletricidade e gás já foram mencionados na abordagem quantitativa dos graus ponderados (de saída, entrada e totais), conforme podem ser vistos na tabela 6. Mas agora percebemos, pelos PageRanksTM em negrito da última coluna desta tabela, a importância qualitativa que estes setores demonstram ter na RIP do R3.

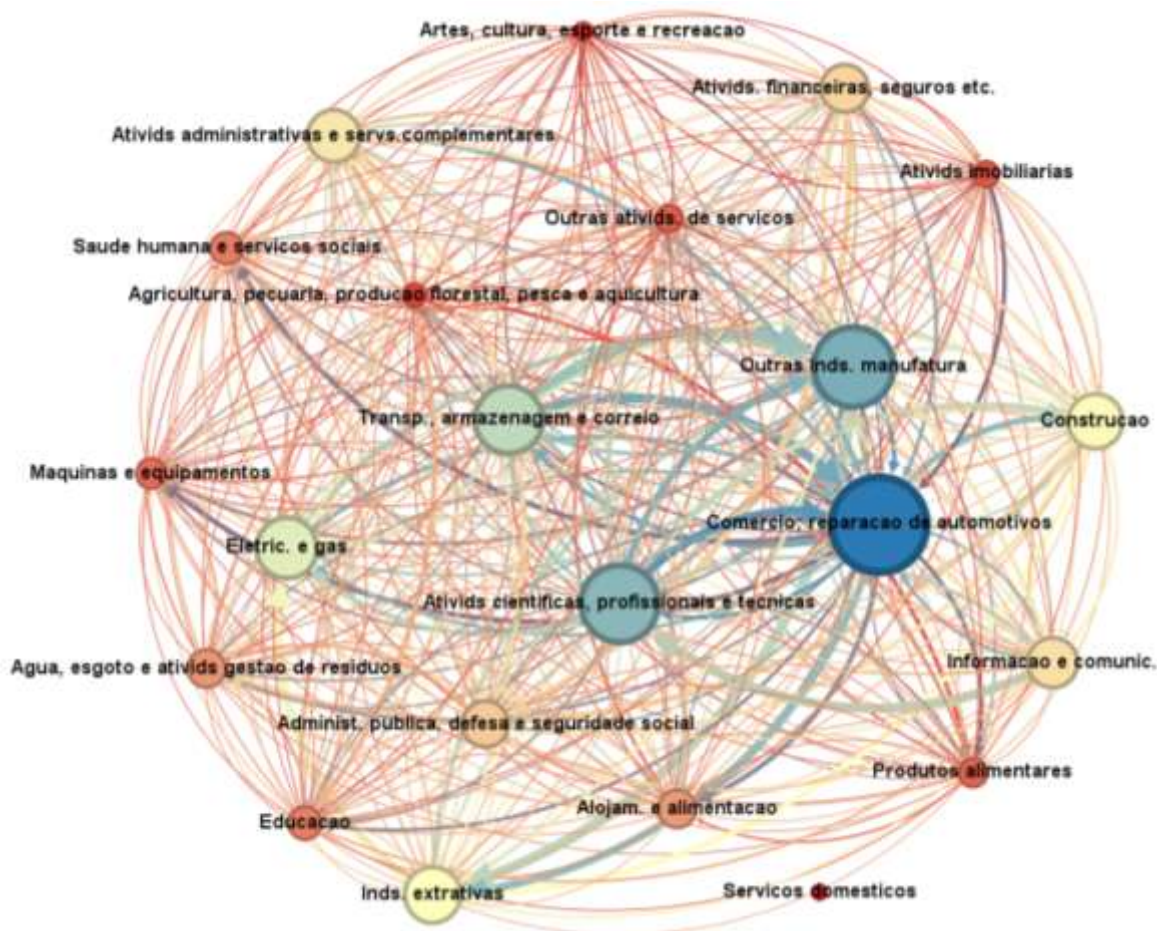
Na RIP da Figura 4 podemos observar as arestas mais espessas que associam de modo significativo:

- O setor de comércio e reparação de automotivos com os setores de construção; produtos alimentares; alojamento e alimentação; atividades científicas, profissionais e técnicas e transporte e armazenagem e saúde humana e serviços sociais.
- O setor de outras indústrias de manufatura com os setores de comércio e reparação de automotivos; indústrias extrativas; transporte, armazenagem e correio; atividades financeiras e seguros e alojamento e alimentação.

⁹ Fonte: [https://investidor10.com.br/noticias/b3-e-a-20-maior-bolsa-do-mundo-veja-ranking-104678/#:~:text=A%20B3%20\(B3SA3\)%20%C3%A9%20a,bolsas%20de%20valores%20do%20mundo.](https://investidor10.com.br/noticias/b3-e-a-20-maior-bolsa-do-mundo-veja-ranking-104678/#:~:text=A%20B3%20(B3SA3)%20%C3%A9%20a,bolsas%20de%20valores%20do%20mundo.)

- O setor de atividades científicas, profissionais e técnicas com os setores de eletricidade e gás; outras indústrias de manufatura; comércio e reparação de automotivos e educação.
- O setor de transporte, armazenagem e correio com os setores de outras indústrias de manufatura; comércio e reparação de automotivos e máquinas e equipamentos e atividades administrativas e serviços complementares. Em termos de infraestrutura, o R3 tem uma condição geográfica favorável para ser *hub* logístico¹⁰.

Figura 4 - Rede complexa de insumo-produto (RIP) de todo o estado do RJ (R3): graus ponderados



Fonte: Elaboração dos autores a partir da matriz de insumo-produto do SCN/IBGE.



- O setor de indústria extrativa com o comércio e reparação de automotivos, alojamento e alimentação, eletricidade e gás, construção, outras indústrias de manufatura e atividades financeiras e seguros. A indústria extrativa pode ser considerada como a atividade industrial fluminense mais importante. A base para afirmar isto está no critério do VAB (Valor Adicionado Bruto), o qual soma R\$ 70,2

¹⁰ Sua localização tem distância de somente 500 km de 50% do PIB Nacional, bem como possui saídas por terra, ar e mar. Mesmo sendo o terceiro menor estado da federação (43,8 mil km²), o Estado abriga em seu território portos, aeroportos, rodovias, ferrovias e dutovias, assim como uma infraestrutura de mobilidade urbana, como metrô, trem, barcas, VLT, BRT e bonde.

bilhões. Ela possui, portanto, um peso de 47% da atividade industrial do R3. A relevância do extrativismo fluminense vai além das fronteiras do estado, uma vez que ela responde por 44% no VAB nacional¹¹. O destaque vai para a indústria de extração de óleo e gás, que participa com 79% da produção nacional de petróleo. A exploração de petróleo vai da região norte até o sul do Estado, pois fazem parte das águas fluminenses a Bacia de Campos e também a Bacia de Santos. O limite entre as duas localiza-se no município de Cabo Frio. Assim, o litoral fluminense abriga a exploração dos maiores blocos de petróleo brasileiros, tanto do pós-sal, quanto do pré-sal. A extração de gás liquefeito de petróleo também tem crescido na matriz industrial do R3 nos últimos anos, com impactos no abastecimento de combustível para termoelétricas, veículos, residências ou mesmo para atividades comerciais e industriais. Também há o abastecimento de outros estados do país por intermédio de gasodutos.

- O setor de administração pública, defesa e seguridade social possui significativos encadeamentos para frente (graus ponderados de saída) com os setores de indústria extrativa; outras indústrias de manufatura; comércio e reparação de automotivos e atividades científicas, profissionais e técnicas. Já nos seus encadeamentos para trás (graus ponderados de entrada), os destaques vão para atividades financeiras, seguros etc.; construção; água, esgoto e atividades de gestão de resíduos; transporte, armazenagem e correio e comércio e reparação de automotivos.
- O setor de construção tem fortes encadeamentos para frente com os setores de indústria extrativa; água, esgoto e saneamento; informação e comunicação e saúde humana e serviços sociais. E possui encadeamentos para trás com os setores de comércio e reparação de automotivos; transporte, armazenagem e correio; atividades científicas, profissionais e técnicas e (novamente) com a indústria extrativa. A indústria da Construção está em todo território fluminense. Possui três segmentos: construção de edifícios, ou indústria imobiliária, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção. Como o R3 tem a terceira maior população do país, ele apresenta uma expressiva demanda por construções, o que se reflete na condição de terceiro estado brasileiro em termos de VAB e número de empregados no setor de construção¹².

5. Conclusões

Este trabalho analisa a economia de três dimensões da economia fluminense: a cidade-capital (R1); a sua região metropolitana (R2) e o estado do Rio de Janeiro como um todo (R3). Modelamos três Redes Complexas de Insumo-Produto (RIP) e utilizamos métricas de *network science* para examinar as suas características produtivas estruturais. Utilizando dados de 2015, computados pelo Sistema de Contas Nacionais do IBGE, a pesquisa identifica as relações de interdependência entre 22 setores econômicos do R1, R2 e R3.

A análise evidenciou a relevância da indústria extrativa e de transformação, além do setor de comércio de serviços, com destaque para os chamados Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP), que se apresentam esparsos pelo território fluminense¹³.

¹¹ Fonte: <https://rioindustria.com.br/a-industria-do-rio/a-industria-extrativa/>

¹² Fonte: <https://rioindustria.com.br/a-industria-do-rio/a-industria-da-construcao/>

¹³ Os SIUP referem-se às atividades de geração e distribuição de energia, fornecimento de gás, serviços ambientais de água, esgoto e gestão de resíduos. O Rio de Janeiro, conforme dados da sua Associação de Indústrias, é o segundo maior empregador do país em SIUP, atrás apenas de São Paulo. Cabe mencionar a importância, nesse setor, das atividades de geração de energia elétrica em solo fluminense com base em uma matriz energética limpa,

Também se verifica a predominância do setor de serviços, incluindo comércio, transporte, atividades financeiras e científicas, como os mais relevantes produtores de encadeamentos para frente e para trás. Apesar de ser a segunda economia regional do país, a estrutura produtiva do R3 possui vulnerabilidades associadas à concentração produtiva e à dependência de setores específicos. Os resultados da RIP mostram setores-chave com alta capacidade de dispersão de efeitos econômicos, fundamentais para políticas de diversificação econômica e planejamento estratégico regional. Os resultados também sugerem que relações intersetoriais das RIPs são cruciais para compreender a resiliência e os desafios econômicos da região, bem como podem ser úteis para auxiliar as decisões de políticas públicas que promovam crescimento sustentável.

Alguns outros resultados do trabalho evidenciam que o setor de indústria extrativa - que o é mais importante setor da indústria fluminense pelo critério do VAB (Valor Adicionado Bruto), o qual soma R\$ 70,2 bilhões - está estreitamente relacionado com os setores de comércio e reparação de automotivos, alojamento e alimentação, eletricidade e gás, construção, outras indústrias de manufatura e atividades financeiras e seguros. A indústria extrativa fluminense responde por 44% do VAB nacional, com ênfase para a indústria de extração de óleo e gás, que participa com 79% da produção nacional de petróleo.

Além disso, o Rio de Janeiro também sedia três importantes empresas estatais, o que impulsiona estes setores: Petrobras, Vale e Eletrobras. É ainda sede de três das cinco maiores empresas do país, pelo critério de receita líquida, conforme dados do Jornal Valor Econômico: Petrobras, Vale e Raízen. Há expressiva sinergia entre estas empresas e o setor de transporte, armazenagem e correio, sobretudo quando se leva em conta a importância do porto do Rio de Janeiro. Ele atende aos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Goiás, principalmente, sendo um dos portos que possui maior movimentação no país, tanto quanto se avalia pelo critério do valor de mercadorias, quanto pela métrica da tonelagem. Seus principais produtos escoados são minério de ferro, manganês, carvão, trigo, gás e petróleo¹⁴. Com estes produtos, fica clara a conexão do Porto do Rio de Janeiro com os produtos comercializados pelas três empresas citadas.

Outra conclusão refere-se à conectividade do setor de outras indústrias de manufatura detém o maior IHR (ou grau ponderado total) e faz parte do cluster do R2 (Região do Grande Rio, ou Região Metropolitana do RJ). Este cluster agrega os setores com maiores IHRs ou graus ponderados totais (indústrias extrativas; outras indústrias de manufatura; eletricidade/gás e administração pública/ defesa/seguridade social). A indústria de transformação da economia fluminense é atividade industrial do Estado que mais gera empregos, com 314 mil trabalhadores com carteira assinada, o que perfaz 54% das empresas da atividade industrial fluminense. Nesse sentido, é o sexto maior complexo industrial brasileiro, pelos conceitos de VAB e de empregados.

Esperamos que este trabalho possa auxiliar a formulação de políticas públicas destinadas à melhoria da economia fluminense. Para trabalhos futuros, pretendemos explorar melhor os resultados, sobretudo na investigação do potencial decorrente da conectividade entre os principais setores constituintes da economia da cidade do Rio de Janeiro (R1), da sua Região Metropolitana (R2) e do estado como um todo (R3).

composta por termoeletricas movidas a gás natural, geração fotovoltaica, eólica, biogás e PCH. Além disso, o Estado possui o único complexo gerador de energia nuclear do Brasil, localizado no município de Angra dos Reis.

¹⁴ Fonte: <https://www.portosrio.gov.br/>.

Referências

- CERINA, F. et al. World Input-Output Network. *PLOS ONE*, v. 10, n. 7, e0134025, 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0134025.
- DODE, A.; HASANI, S. PageRank algorithm. *IOSR Journal of Computer Engineering*, v. 19, n. 1, p. 1-7, jan./fev. 2017.
- ECONODATA. Econodata: Inteligência em Vendas B2B. 2024. Disponível em: <https://econodata.com.br/>. Acesso em: vários acessos.
- FIRJAN. PIB Brasil e Rio de Janeiro: resultados e projeções. Rio de Janeiro: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/pib-brasil-e-rio-de-janeiro-resultados-e-projecoes.htm>. Acesso em: 1 fev. 2024.
- FREITAS, F. N. P. de et al. Matriz insumo-produto para o estado do Rio de Janeiro: tabelas de recursos e usos e tabelas de passagem. Convênio ALERJ–UFRJ–FUJB, 2023. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/gic-gicdata>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- FRUCHTERMAN, T. M. J.; REINGOLD, E. M. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Software: Practice and Experience*, v. 21, n. 11, 1991.
- GAMA, J. et al. Extração de conhecimento de dados – data mining. 2. ed. Lisboa: Sílabo, 2015.
- GARAS, A.; ARGYRAKIS, P.; HAVLIN, S. The structural role of weak and strong links in a financial market network. *The European Physical Journal B*, v. 75, n. 1, p. 59–64, 2010. DOI:10.1140/epjb/e2009-00406-1.
- GUILHOTO, J. J. M. Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos. São Paulo: USP, 2004. Disponível em: <http://www.erudito.fea.usp.br/PortalFEA/Repositorio/835/Documentos/Guilhoto%20Insumo%20Produto.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- HADDAD, E. A. Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian experience. Aldershot: Ashgate Publishing Ltd., 1999.
- HADDAD, E. A.; ARAÚJO, I. F.; PEROBELLI, F. S. Estrutura das Matrizes de Insumo-Produto dos Arranjos Populacionais do Brasil, 2015. São Paulo: NEREUS/USP, 2020. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?txtdiscussao=estrutura-das-matrizes-de-insumo-produto-dos-arranjos-populacionais-do-brasil-2015-nota-tecnica>.
- HASENCLEVER, L.; PARANHOS, R.; TORRES, R. Desempenho econômico do Rio de Janeiro: trajetórias passadas e perspectivas futuras. *Dados: Revista de Ciências Sociais*, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dados/a/JD7HJRRd5gbVypj9sPjKTps/>.
- HIRSCHMAN, A. O. A generalized linkage approach to development, with special reference to staples. *Economic Development and Cultural Change*, v. 25, suplemento, p. 67-98, 1977.

HUBBARD, L. J.; BROWN, W. A. N. Multipliers for regional non-survey input-output tables for New Zealand. New Zealand: Lincoln College, Agricultural Economics Research Unit, 1981. Disponível em: http://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/4093/aeru_rr_117.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 28 abr. 2019.

JORNAL VALOR ECONÔMICO. Anuário Valor 1000. São Paulo: Editora Globo, 2024. Disponível em: <https://valor.globo.com/valor-1000/>. (Acesso restrito para assinantes).

LENZEN, M.; PADE, L. L.; MUNKSGAARD, J. CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models. *Economic Systems Research*, v. 16, n. 4, p. 391-412, 2004. DOI:10.1080/0953531042000304272.

LEONTIEF, W. The Structure of the American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis. Oxford: Oxford University Press, 1951. _____ . Input-Output Economics. New York: Oxford University Press, 1966.

LONG, J. B., PLOSSER, C. I. Real Business Cycles. *Journal of Political Economy*, v. 91, p. 39-69, 1983

MELE, S. et al. World Input-Output Network. *PLOS ONE*, v. 15, n. 4, e0231809, 2020.

MCNERNEY, J.; FATH, B. D.; SILVERBERG, G. Network structure of inter-industry flows. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 392, n. 24, p. 6427-6441, 2013. DOI:10.1016/j.physa.2013.07.063.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2009.

NATAL, J. Inflexão econômica e dinâmica espacial pós-1996 no Estado do Rio de Janeiro. *Nova Economia*, v. 14, n. 3, p. 71-90, set./dez. 2004.

NEWMAN, M. E. J. Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 103, n. 23, p. 8577-8528, 2006.

NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, v. 69, n. 2, p. 026113, 2004.

PASSOS, M. O. et al. Analysis of a complex network: effects of volatility among commodities in the short term. In: *Anais do Encontro Brasileiro de Finanças*. Rio de Janeiro: IMPA/EBFIN, 2019.

PEREIRA, J. M. S. Grafos e redes: teoria e algoritmos básicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Metodologia do Indicador de Atividade Econômica do Rio (IAE-Rio): atualização 2022. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Inovação e Simplificação, jun. 2022. Disponível em: https://observatorioeconomico.rio/wp-content/uploads/sites/5/2022/07/Estudo-Especial_SMDEIS_06_2022_Metodologia-do-

[Indicador-de-Atividade-Economica-do-Rio-IAE-Rio-Atualizacao-2022.pdf](#). Acesso em: 12 mar. 2024.

RASMUSSEN, P. N. Studies in inter-sectoral relations. Copenhagen: Einar Harcks Forlag, 1956.