

ANÁLISE DE REDE DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO: Uma comparação entre
Brasil e Estados Unidos em 2000 e 2014

ANALYSIS OF THE MATRIX NETWORK INPUT-PRODUCT: A comparison
between Brazil and the USA in 2000 and 2014

Evandro Figueiredo Lima¹

Guilherme de Oliveira²

RESUMO

A estrutura produtiva vem tornando-se complexa ao longo do desenvolvimento das civilizações no mundo. Devido a isso, percebe-se uma relação positiva do aumento dessa complexidade com a elevação da renda agregada. Nesse processo, enquanto alguns países atingiram o patamar de desenvolvido e com crescimento sustentável no longo prazo; outros se encontram em estágio de desenvolvimento, porém, com ciclos de crescimento econômicos instáveis. Na busca por respostas sobre a diferença entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, a identificação da relação de sistemas econômicos em redes com o crescimento sustentável da renda pode auxiliar na resolução dessas questões. Objetivou-se, assim, investigar quais as propriedades de rede da matriz insumo-produto mundial nos anos 2000 e 2014. A base teórica para análise e interpretação dos resultados fundamentou-se na teoria do crescimento, das redes e da matriz de Leontief. Para se atingir os resultados estimados, foi realizado um levantamento de dados secundários do *World Input-Output*

¹ Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: evandro.figueiredo.lima@gmail.com

² Professor adjunto do Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Economia da Universidade de São Paulo (IPE/USP) com período na University of Massachusetts. E-mail: oliveira.guilherme@ufsc.br

Database-WIOD de Brasil e Estados Unidos, respectivamente, nos anos 2000 e 2014, para estimar e comparar essa relação pelas características distintas desses países.

Palavras-chave: Matriz insumo-produto. Análise de redes. Cadeias globais de valor.

ABSTRACT

The productive structure has become complex throughout the development of civilizations in the world. Due to this, a positive relation of the increase of this complexity with the increase of the aggregate income is perceived. In this process, while some countries have reached the level of development and sustainable growth in the long term; others are in the developmental stage, but with unstable economic growth cycles. In the search for answers about the difference between developed and developing countries, the identification of the relation of economic systems in networks with the sustainable growth of income can help in the resolution of these questions. The objective was to investigate the network properties of the global input-output matrix in the years 2000 and 2014. The theoretical basis for analysis and interpretation of the results was based on Leontief's theory of growth, networks and matrix. In order to reach the estimated results, a survey of secondary data from the World Input-Output Database-WIOD of Brazil and the United States, respectively, was carried out in the years 2000 and 2014, to estimate and compare this relation by the distinct characteristics of these countries.

Keywords: Input-output matrix. Network analysis. Global value chains.

1 INTRODUÇÃO

A teoria do crescimento econômico tem vários capítulos importantes. Harrod (1939) e Domar (1947) contribuíram separadamente com suas teorias em que a demanda efetiva exercia um papel central. Contudo, tais modelos previam uma trajetória de crescimento instável. Essa característica foi enfrentada pela contribuição de Solow (1956), que buscou na teoria microeconômica convencional os fundamentos para a flexibilidade na alocação dos fatores, com acumulação de capital e crescimento sustentado no longo prazo pela tecnologia exógena.

A teoria do crescimento econômico teve seu ápice com o surgimento de modelos que procuravam endogenizar o progresso tecnológico. Arrow (1962) com sua teoria *learning by doing* (aprender fazendo) e Lucas (1988) com a acumulação de capital humano, são os pioneiros na procura pelos determinantes do progresso técnico endógeno que, para além da acumulação de capital físico, resultem em aumentos da produtividade dos fatores. Na investigação dos determinantes endógenos do progresso técnico, Romer (1990) expõe as ideias inovadoras como geradoras do processo evolutivo e acumulativo do conhecimento técnico-científico.

A teoria do crescimento endógeno desdobrou-se nos anos 1990 em direção aos modelos schumpeterianos, que trataram o progresso técnico – a inovação – como um paradigma que evolui num ciclo de renovação que substitui o antigo pelo novo por meio da “destruição criativa”. Neste sentido, Aghion e Howitt (1998) desenvolveram modelos em que a existência de perdedores e ganhadores no processo de mudança tecnológica ocupa papel central no processo de crescimento.

Desenvolvimentos recentes renovaram as atenções ao processo de crescimento econômico. Hausmann e Hidalgo (2009) avançaram em um modelo que considera os

fluxos interativos de informações de conhecimento técnico-científico entre os setores produtivos em cadeias globais de valor. Porém, muito desse conhecimento exige elevada qualificação e também são de difícil transmissão (tanto de mão de obra quanto dos meios de produção de bens intermediários e finais produzidos na fronteira tecnológica), restringem-se localmente a determinados países e resultam, assim, em alto valor adicionado por seus produtos a serem vendidos no mercado doméstico e no mercado internacional e, conseqüentemente, geram aumento expressivo do Produto Interno Bruto (PIB).

Nesse contexto, o índice de complexidade econômica criado por Hausmann *et al.* (2011) quantifica os níveis de complexidade por meio da mensuração das exportações dos bens com características de maior ou menor incorporação tecnológica, por meio do grau de ubiquidade de cada produto dentro da estrutura interna da cadeia produtiva de um país. Os autores exploram o índice de complexidade por meio da utilização da técnica da análise de redes, um ramo da matemática discreta.

Entretanto, o trabalho de Hausmann *et al.* (2011) limita-se a dados de exportação, excluindo a influência da produção de bens comercializáveis não exportados, os serviços exportados, os produtos reexportáveis e as atividades econômicas entre residentes restritas à mesma região ou país.

A complexidade nas estruturas de rede descrevem os fatores de produção envolvidos, a importância entre os elos da cadeia e as interdependências entre os setores de maior ou menor peso econômico.

Para contornar essa limitação pode ser utilizada a teoria da matriz insumo-produto para a construção de redes complexas, ao invés do valor das exportações. A teoria de insumo-produto detecta a interdependência da relação entre insumos e produtos acabados no processo produtivo. Segundo Guilhoto (2011), tendo como ponto de partida o modelo

básico de Leontief (1941), a matriz insumo-produto, num determinado ponto no tempo, identifica os setores que se relacionam e que revelam a agregação de valor ao produto final, desde os produtos primários, intermediários, até os de alto conteúdo tecnológico.

Procurou-se explorar como os pesos das relações intersetoriais podem ser modelados em redes. Para tanto, utilizam-se dados do *World Input-Output Database (WIOD)*, uma base recente que reúne Tabelas de insumo-produto de diversos países, conectados intersetorialmente nos anos de 2000 e de 2014.

1.1 A COMPLEXIDADE ECONÔMICA NO SÉCULO XXI

A teoria clássica desenvolveu a base ampla de conhecimento sobre o crescimento econômico em épocas como a revolução industrial, bem como a teoria moderna do crescimento. Entretanto, esta seção restringe-se à complexidade econômica.

Hausmann *et al.* (2011) desenvolveram o Atlas da Complexidade Econômica que objetiva mapear os países que se tornam complexos em decorrência do conhecimento e da tecnologia incorporados nos produtos gerados em cada um destes. Esse mapeamento (Figura 1) procura quantificar o conhecimento socialmente acumulado incorporado no processo produtivo que cada nação detém.

Observam-se na Figura 1 como se distribuem os bens produzidos no Brasil, percentualmente. A soja, por exemplo, encontra-se no topo da hierarquia, com maior volume de exportações, categorizado como produtos hortícolas.

Segundo Hausmann *et al.* (2011), o conhecimento acumulado ao longo do tempo resulta em produtividade quando é socialmente utilizado, pois individualmente uma pessoa não seria capaz de acumulá-lo totalmente, aplicando-o na produção de um bem.

Figura 1 - O que o Brasil exporta? Total: \$182B* (2016)



Fonte: *The Observatory of Economic Complexity*.

*Em bilhões de dólares.

Para Hausmann *et al.* (2013), devido ao conhecimento, principalmente o tácito, há bens e serviços que só podem ser produzidos localmente. Assim, os países detentores de grande acúmulo de conhecimento desenvolvem redes de setores interconectados, através de incrementos que cada indivíduo fornece na produção social, por uma diversidade de produtos próximos pela estrutura tecnológica já existente.

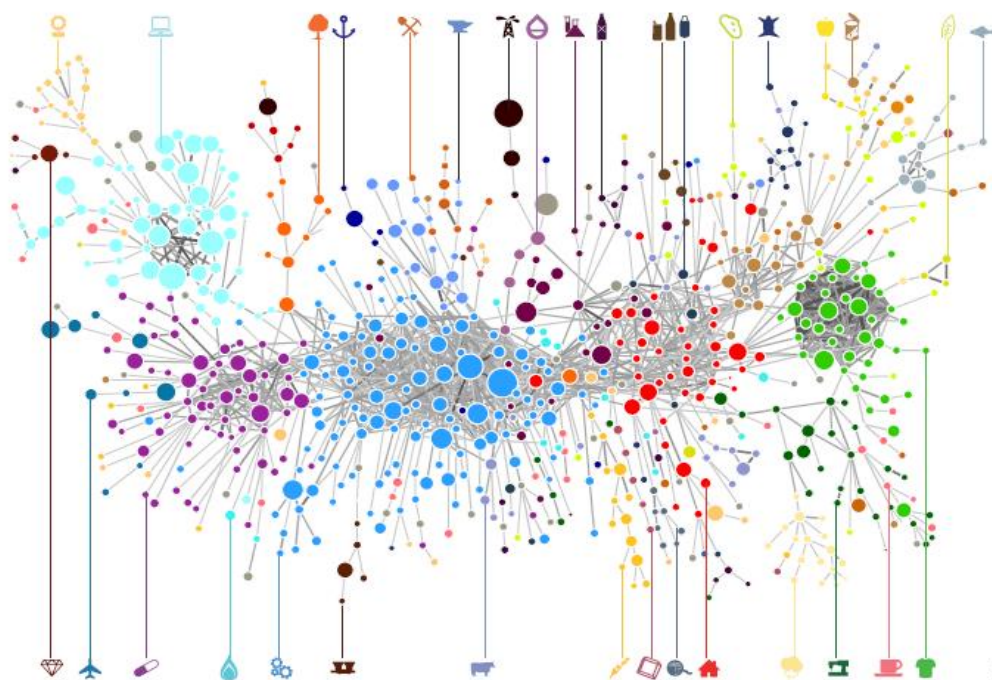
Assim, os países não se especializam na produção de uma mercadoria ou serviço porque desejam fazê-lo, mas sim porque podem produzi-lo em decorrência do espaço do produto, este destacado na Figura 2 (HAUSMANN *et al.* 2013).

Essa capacidade torna-se possível quando pessoas e organizações fornecem e combinam o conhecimento socialmente necessário e, desta forma, o caminho para o desenvolvimento e crescimento sustentável, ao longo do tempo, são facilitados tanto no progresso técnico quanto em uma maior diversificação produtiva.

A medida de complexidade econômica desenvolvida por Hausmann *et al.* (2011) baseia-se na diversidade e características distintas de determinados produtos. Neste

contexto, a medida de complexidade econômica busca estimar qual a fração da capacidade produtiva global que um país possui, revelando seu grau de complexidade.

Figura 1 - Visualização do espaço do produto por meio do OEC*



Fonte: *The Atlas of Economic Complexity Mapping Paths to Prosperity*. (HAUSMANN, Ricardo *et al.* 2013, p. 52).

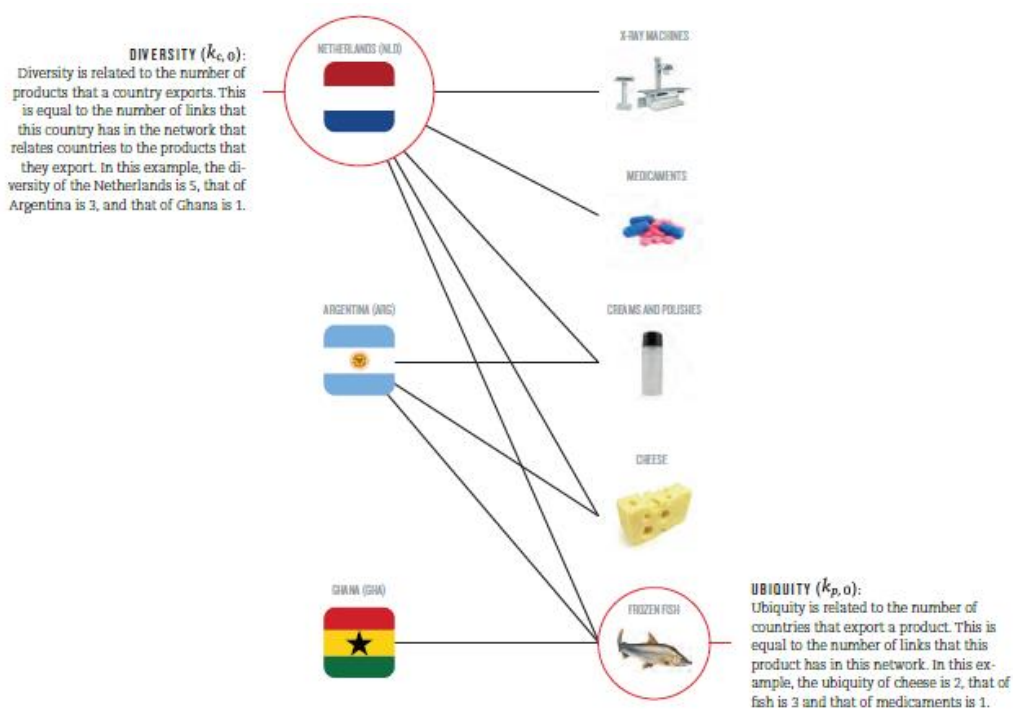
**Observatory of Economic Complexity*.

Na Figura 3, Hausmann *et al.* (2013) exemplificam a base lógica para a medição da complexidade por meio da interconectividade entre Países Baixos, Argentina e Gana.

A diversidade de produtos exportados pelos Países Baixos, do ponto de vista destes, é maior do que a dos outros países e, em comparação com os países Argentina e Gana, a nação Países Baixos revela ser a única capaz de produzir máquinas de raio-x e medicamentos.

Já do ponto de vista do país Gana este exporta apenas o bem peixe que é comumente comercializado no mercado global e, em comparação com os outros países, apresenta uma pauta exportadora com pouca ou nenhuma diversificação.

Figura 2 - A diversidade e a ubiquidade



Fonte: *The Atlas of Economic Complexity Mapping Paths to Prosperity*. (HAUSMANN, Ricardo *et al.* 2013, p. 21).

Portanto, os Países Baixos, comparativamente, com maior diversidade e capacidade de produzir bens que os outros países não o são. Por outro lado, o país Gana, relativamente, apresenta baixa diversidade de produtos exportáveis e os bens exportados por esta são ubíquos, ou seja, sua estrutura produtiva é de baixa complexidade.

Para os fundamentos da teoria Estruturalista, Prebisch e Furtado, conforme destacado por Gala (2017), somente uma industrialização robusta pode assegurar a elevação do emprego, da produtividade e da renda *per capita* de um país e, caso das nações latino-americanas, que reduza sua pobreza em uma economia mundial separada entre

centro e periferia.³ Segundo Gala (2017), as características similares de bens co-exportáveis agem no processo de encadeamento produtivo, onde produtos altamente conectados têm forte correlação com o potencial de conhecimento e tecnologia.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho, por meio de pesquisa descritiva, foram exploradas as características das estruturas de rede da matriz insumo-produto, com base na hipótese e os diferentes pesos econômicos estarem relacionados ao nível de complexidade dos países pesquisados.

Realizaram-se levantamentos de dados secundários no *World Input-Output Database* (WIOD) do ano 2000 e 2014 para análise e interpretação das redes dos dois países.

A partir dessa coleta de dados, construiu-se a matriz inversa de Leontief para cada ano indicado acima e, na sequência, os elementos desta matriz foram inseridos no *software Gephi 0.9.2* para a visualização e análises estatísticas por meio de grafos desenvolvidos, respectivamente, para cada país, em que os setores representam os vértices, e as relações de compra e venda de insumos entre estes são as arestas. Assim, identificaram-se quais os níveis das relações setoriais dentro da matriz insumo-produto em forma de redes.

No intuito de observar a relação das propriedades de rede com a matriz insumo-produto, apresentaram-se as características das ligações e seus pesos econômicos que ocorrem entre vendedores e compradores setoriais nas cadeias de produção de um sistema econômico em redes e suas influências diretas e indiretas.

³ Centro – países desenvolvidos; periferia – países em desenvolvimento.

2.1 A MATRIZ INSUMO-PRODUTO E A ESTRUTURA DE REDES COMPLEXAS

Primeiro, o conjunto finito S de todos os setores que constituem a economia fixa o conjunto de vértices $V = \{v_i, \dots, v_S\}$ em certo período de tempo. Seja A um subconjunto desta coleção dado, por sua vez, pelos pares ordenados de vértices $\{v_i, v_j\}$, com $v_i, v_j \in V$. Isto é, as arestas são definidas como:

$$\{\{v_i, v_j\} \in V^2 : \{v_i, v_j\} \in A, \text{ se o setor } i \text{ oferta para o setor } j\} \quad (1)$$

Nesse sentido, uma aresta é uma ligação adjacente entre os elementos do conjunto de setores da economia, em que se permite a oferta intrassetorial (um setor oferta um insumo para si mesmo, dado pela diagonal principal da matriz de insumo produto). Seguindo Acemoglu *et al.* (2012) e Carvalho (2010), definido o conjunto V de setores e sua relação de oferta representada pelas arestas A , definem-se as ligações intersetoriais como um gráfico dirigido G :

Definição 1: $G = (V, A)$. G é um grafo de ligações intersetoriais diretas com um conjunto de nós V e um conjunto de arestas A , em que cada elemento de A é uma aresta dirigida do setor i para o j .

Este conjunto de grafos será representado por uma matriz adjacente que indica como e quais vértices serão ligados entre si. A matriz adjacente é formada pela inversa de Leontief derivada a partir da matriz-insumo produto (MIP) que, por sua vez, é obtida empiricamente por meio da matriz de recursos e usos setor por setor. A metodologia utilizada para estimação da MIP foi a de Guilhoto e Sesso Filho (2010) e (2005), que estimaram as relações intersetoriais da economia brasileira a partir das contas nacionais.

Para a derivação da teoria básica de insumo produto, seguimos Miller e Blair (2009). Assim, considere a seguinte identidade contábil básica de um sistema econômico:

$$\sum_{j=1}^s z_{ij} + c_i + g_i + I_i + e_i \equiv x_i \quad (2)$$

Em (2), z_{ij} é a produção do setor i utilizada como insumo intermediário pelo setor j ; c_i é a produção do setor i que é utilizada para o consumo das famílias; g_i por sua vez é a produção do setor i que é absorvida na forma de consumo do governo; I_i é a produção do setor i que é destinada ao investimento; e_i a produção do setor i destinada à exportação. Por fim, x_i é definido como a produção doméstica total do setor i . Essa identidade diz que o valor bruto da produção nacional é a soma dos insumos intermediários mais os componentes da demanda final destinado ao consumo, investimento, gastos do governo e exportações.

Ao se supor que os fluxos de insumos intermediários por unidade de produto final são fixos em determinada unidade de tempo (a tecnologia de produção não varia), pode-se derivar o sistema de Leontief como:

$$\sum_{j=1}^s d_{ij}x_j + y_i = x_i \quad (3)$$

Em (3), d_{ij} é o coeficiente técnico, que indica a quantidade de insumo do setor i necessária para a produção de uma unidade de produto final do setor j , $d_{ij} = z_{ij}/x_j$; e y_i são os componentes da demanda finais anteriormente citados: consumo das famílias, do governo, investimento e exportações. Ao se escrever (3) em sua forma matricial tem-se:

$$DX + Y = X, \quad (4)$$

onde D é a matriz de coeficientes diretos de insumo de ordem $(S \times S)$; X e Y são vetores coluna de ordem $(S \times 1)$. Em sua forma completa:

$$(I - D)X = Y \quad (5)$$

Em (5) I é a matriz identidade. Note que o sistema tem solução única somente se $I - D$ for singular e, portanto, $(I - D)^{-1}$ existir. Nesse caso, a solução única será dada por:

$$X = (I - D)^{-1}Y \quad (6)$$

A partir desta expressão é possível se obter a produção total que é necessária para satisfazer a demanda final. Em (6), $B = (I - D)^{-1}$ é a matriz de coeficientes diretos e indiretos, também conhecida como matriz de Leontief. Em B , o elemento b_{ij} é interpretado como sendo a produção total do setor i que é necessária para produzir uma unidade de demanda final do setor j . Em técnicas tradicionais de insumo-produto a matriz de Leontief é a peça fundamental para se explorar implicações econômicas relevantes, tais como: os setores-chave, análise de impacto, distribuição do valor adicionado, emissões de dióxido de carbono, entre outras.

Neste artigo, segue-se esta tradição ao utilizar a matriz de Leontief como matriz adjacente e, portanto, estrutura para análise de redes. Define-se a matriz adjacente como:

Definição 2: Para um grafo direto intersetorial $G = (V, A)$ define-se a matriz adjacente $B(G)$ como sendo uma matriz $S \times S$. Se G é um grafo dirigido define-se b_{ij} como

os elementos ponderados da matriz $B(G)$, sendo definidos como a produção do setor i que é necessária para a produção de uma unidade de demanda final no setor j .

As Definições 1 e 2 fornecem a arquitetura geral da rede de insumo produto que será modelada, adaptando a teoria dos modelos de insumo produto a notação de grafos.

2.2 AGRUPAMENTOS DOS DADOS DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO

A partir da Tabela de insumo-produto gerada com os dados do *World Input-Output Database (WIOD)*, criou-se a matriz insumo-produto do Brasil e dos Estados Unidos contendo seus respectivos coeficientes técnicos.

Criaram-se redes individuais para estas nações, com as informações características de cada uma das estruturas montadas para os anos 2000 e 2014. Com isso, as conexões intersetoriais de cada rede foram ponderadas pelos coeficientes técnicos da matriz insumo-produto, em que os vértices representam os setores e as arestas retratam as ligações entre estes setores nos grafos reproduzidos pelo *software* Gephi.

A partir das métricas geradas pelo *software*, obtiveram-se os graus médios ponderados, assim como os graus ponderados de entrada e saída das redes analisadas. Na sequência, classificaram-se os setores de maior grau ponderado pelos coeficientes matriciais representados pelos compradores – graus de entrada – e pelos vendedores – graus de saída, de cada país. Estes graus ponderados correspondem aos pesos econômicos.

Com isso, selecionaram-se os 10 setores de maior relevância, denominados *hubs*. Em seguida, para a comparação entre as redes do Brasil e dos Estados Unidos (Apêndice B), computaram-se as métricas de graus ponderados de entrada e saída, Tabelas de 1 a 4 (Apêndice A).

3 UMA COMPARAÇÃO ENTRE AS REDES DE INSUMO-PRODUTO DO BRASIL E DOS ESTADOS UNIDOS

A comparação entre as redes dos países Brasil e Estados Unidos tem como objetivo identificar características distintas de suas estruturas com base na matriz de coeficientes que pondera pelos pesos econômicos as ligações destes países. Para isso, desenvolveram-se, individualmente, os grafos de grau médio ponderados das Figuras 4 e 5 (Apêndice B) para os anos 2000 e 2014.

As Tabelas (Apêndice A) agrupam os dados classificados pelos 10 maiores setores em graus ponderados de entrada e saída com base nas métricas geradas pelo *software* Gephi para os dois países analisados. Na estrutura de rede do Brasil (Tabela 1), verificaram-se aumentos nesses valores para a maioria dos setores brasileiros, comparativamente, nos anos 2000 e 2014. Entretanto, alguns setores, como os produtores de petróleo, registraram queda nos pesos de suas ligações, outros não se inseriram entre os 10 maiores graus de entrada como, por exemplo, o setor de metais básicos, que perdeu peso econômico em suas relações a montante na cadeia de produção entre os dois anos.

O setor de construção do Brasil manteve-se como o principal vértice de graus de entrada ponderados. Economicamente, este setor apresentou elevado peso nas ligações a montante, um importante comprador de insumos dos produtores de minérios, de produtos químicos, de arquitetura e engenharia, entre outros, ou seja, há uma ampla absorção de insumos em seu encadeamento produtivo.

Os pesos das ofertas totais de insumo-produto do Brasil (Tabela 2) destacaram-se na produção de audiovisual, com o maior peso ponderado pelos coeficientes técnicos. Em geral, este *hub* revelou-se importante fornecedor de insumos a jusante nos dois anos. As relações econômicas deste setor interagem na comercialização de seus produtos e serviços

com outros setores que, apesar de os produtos audiovisuais em si não terem elevado valor na formação do produto nacional, suas conexões ramificadas por vários outros demandantes incorporam alto peso econômico.

Outro *hub* importante do Brasil em 2000 e 2014 (Tabela 2), o setor de mineração manteve-se como segundo vendedor de insumos com maior peso econômico. Seus insumos englobam a oferta de bauxita para a fabricação de metais, tintas ou refratários; de grafite para a produção de aço, vidro, entre outros, agregando valor adicionado entre os elos da cadeia de produção.

O transporte hidroviário passou de sexto em 2000 para terceiro na classificação por graus de saída ponderados em 2014. No que diz respeito ao seu peso econômico como vendedor de insumos, seus bens e serviços foram de suma importância ao escoamento de vários produtos como milho, soja e aço.

Os grafos dos Estados Unidos na Figura 5 apresentam formas estruturais das redes visualmente equiparáveis aos grafos do Brasil (Figura 4). Dentre os principais graus de entrada ponderados pelo peso dos coeficientes matriciais (Tabela 3), o setor de defesa e segurança pública estadunidense teve elevado peso econômico em 2000 e 2014, colocando-se como o comprador de insumo-produto central na cadeia produtiva a montante.

Por meio das políticas de estado norte americanas advindas das demandas de suas instituições militares, criam-se ambientes favoráveis ao desenvolvimento de inovações em parceria com firmas do setor privado. Mas também se produzem novas patentes que garantam aos agentes envolvidos poder de mercado e lucros econômicos, em geral, pela produção e consumo em massa.

Em 2000 e 2014 (Tabela 3), a fabricação estadunidense de veículos automotivos demandou vários insumos como minério e produtos minerais não metálicos. Mas também

foi importante demandante de publicidade e pesquisa de mercado, por exemplo, para divulgação e pesquisa de comportamento dos consumidores.

A partir da segunda posição na Tabela 3, os graus ponderados se alternam de 2000 em relação a 2014. Em especial, o setor de construção dos Estados Unidos, em 2000, que se mostrou com o segundo maior grau de entrada ponderado, caiu para o quarto maior grau. Possivelmente, a crise financeira norte americana de 2008 gerou choques idiossincráticos negativos no setor da construção, reduzindo sua importância econômica nos elos das ligações para trás.

A fabricação de veículos automotivos dos Estados Unidos, no ano 2000, manteve-se estável em relação às ligações de peso com alto valor agregado a montante na cadeia de produção.

No caso das vendas de insumos dos Estados Unidos (Tabela 4), a fabricação de metais básicos mostrou-se de maior peso ponderado nos dois anos. Esses insumos são integrados no encadeamento produtivo de setores fabricantes de máquinas e equipamentos, de produtos químicos e de fabricantes automotivos.

A silvicultura estadunidense manteve-se com o peso ponderado estável em 2000 e 2014. Porém, seu peso nas ligações caiu da segunda para a terceira posição na Tabela 4. Em seguida, o setor de saneamento básico – sistema de esgoto e coleta de resíduos – passou de quarto para segundo na classificação de graus de saída ponderados.

Este *hub* (setor de saneamento básico) participou com elevado peso econômico, principalmente em 2014, dos encadeamentos das ligações para frente com outros setores, como atividades imobiliárias, saúde e trabalho social.

No encadeamento do setor de saúde e trabalho social, mercadorias e serviços ofertados pelo setor como tratamento de esgoto e coleta de resíduos apresentam ligações de

peso indispensáveis ao efetivo funcionamento das cadeias de valor em que estes setores se inserem.

Na comparação entre as estrutura de rede do Brasil e dos Estados Unidos, três setores importantes na cadeia de valor, a montante, compõem as redes dos dois países – construção, produtos alimentícios e fabricação de veículos automotivos. Por outro lado, outros importantes compradores do Brasil destacaram-se como produtores de petróleo, produtos químicos e serviços financeiros. Ao contrário, na rede dos Estados Unidos, os principais *hubs* pertencem aos setores da defesa e segurança pública, produtos de informática e eletroeletrônicos e máquinas e equipamentos.

Em relação ao comparativo dos setores vendedores de insumo-produto, têm-se uma maior distinção entre as duas redes. Os *hubs* vendedores no Brasil destacam-se em setores ofertantes de audiovisual, mineração, metais básicos e, em especial, transporte hidroviário. No caso da rede dos Estados Unidos, o setor de metais básicos lidera entre os principais *hubs*, como também outros setores vendedores de insumo-produto importantes, como a silvicultura, a pesca e a aquicultura, sistema de esgoto e atividades de coleta de resíduos.

3.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, na rede do Brasil, o comprador de maior peso econômico revelou-se no setor da construção em 2000 e 2014. Por outro lado, o *hub* vendedor de insumo-produto brasileiro destacou-se pelo setor audiovisual, no mesmo período. Já na rede dos Estados Unidos, o setor de defesa e segurança pública evidenciou o alto peso econômico nas ligações para trás, mantendo-se na primeira posição nos dois anos. Por outro lado, o *hub* ofertante de metais básicos na rede norte americana colocou-se como principal fornecedor

de matéria-prima, componente essencial no encadeamento produtivo nos anos 2000 e 2014.

REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, D. et al. The network origins of aggregate fluctuations. **Econometrica**, Vol. 80, No. 5 (September, 2012), 1977–2016. Disponível na Internet: <<https://economics.mit.edu/files/8135>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. Cambridge: The MIT Press, 1998. 694p.

AGHION, P.; HOWITT, P. **The economics of growth**. Cambridge: The MIT Press, 2009. 475p.

ARROW, K. J. The Economic Implications of Learning by Doing. **The Review of Economic Studies**, Vol. 29, No. 3 (Jun., 1962), pp. 155-173. Disponível na Internet: <<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/ECON206/Course%20material/Arrow%20Learning%20by%20Doing%20RES1962.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

DIREÇÃO-GERAL DE COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO EUROPEIA. **Chipre em Síntese**. União Europeia, Europa.eu, 15 de novembro de 2018. Disponível em: <https://europa.eu/european-union/about-eu/countries/member-countries/cyprus_pt>. Acesso em: 18 Nov. 2018

DIREÇÃO-GERAL DE COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO EUROPEIA. **Eslovénia em Síntese**. União Europeia, Europa.eu, 15 de novembro de 2018. Disponível em: <https://europa.eu/european-union/about-eu/countries/member-countries/slovenia_pt>. Acesso em: 18 Nov. 2018

DOMAR, E. D. Expansion and employment. **The American Economic Review**, Vol. 37, No. 1 (Mar., 1947), pp. 34-55. Disponível na Internet: <<http://piketty.pse.ens.fr/files/Domar1947.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

GALA, P. **A Cepal acertou: análise de complexidade para entender Prebisch e Furtado**. Economia Essencial para entender o Brasil e o Mundo, 12 de novembro de 2017. Disponível na Internet: <<http://www.paulogala.com.br/a-cepal-estava-certa/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

GALA, P.. **A vingança dos estruturalistas**. Economia Essencial para entender o Brasil e o Mundo, 05 de fevereiro de 2015. Disponível na Internet: <<http://www.paulogala.com.br/a-vinganca-dos-estruturalistas-o-atlas-da-complexidade-economica-como-breakthrough-empirico-que-faltava-a-hirschman-nurkse-rosestein-rodan-singer-lewis-myrdal-prebisch-e-furtado/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

GUILHOTO, J. J. M. Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. **Munich Personal RePEc Archive**, São Paulo, SP, 2011. Disponível na Internet: <<https://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da matriz insumo-produto a partir de dados preliminares das contas nacionais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 277-299, abr./jun. 2005. Disponível na Internet: <<https://guilhotojjmg.files.wordpress.com/2011/05/metodologia-guilhoto-sesso-ea-20051.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, Out./Dez. 2010. ISSN 1809-080X. Disponível na Internet: <<http://www.usp.br/nerus/wp-content/uploads/Metodologia-guilhoto-sesso-EA-2010.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

HARROD, R. F. An Essay in Dynamic Theory. **The Economic Journal**, Vol. 49, No. 193 (Mar., 1939), pp. 14-33. Disponível na Internet: <<http://piketty.pse.ens.fr/files/Harrod1939.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.

HAUSMANN, Ricardo et al. The Atlas of Economic Complexity Mapping Paths to Prosperity. **Massachusetts Institute of Technology and Center for International Development, Harvard University**, Cambridge, MA, 2011. Disponível na Internet: <<https://atlas.media.mit.edu/static/pdf/atlas/AtlasOfEconomicComplexity.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017

HAUSMANN, Ricardo et al. The Atlas of Economic Complexity Mapping Paths to Prosperity. **Massachusetts Institute of Technology and Center for International Development, Harvard University**, Cambridge, MA, 2013. Disponível na Internet: <https://growthlab.cid.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Cambridge, MA, 2009. Disponível na Internet: <<http://www.pnas.org/content/106/26/10570.full>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LACERDA, S. M. Evolução recente do transporte hidroviário de cargas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 20, p. 253-280, set. 2004. Disponível na Internet: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2005.pdf> Acesso em: 01 Nov. 2018.

LUCAS, R. E. Jr. On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, 22 (1988), pp. 3-42. Disponível na Internet: <<https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmecanicseconomicgrowth.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

MELLO, G.; GOLDENSTEIN, M.; FERRAZ, R. O audiovisual brasileiro em um novo cenário. **BNDES Setorial**, n.38, 2013. Disponível na Internet: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3808.pdf> Acesso em: 01 Nov. 2018.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. Cambridge, GBR: Cambridge University Press, 2009. Disponível na Internet: <http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale_2012/_Materiale_2015/Miller_Blait-input-output_analysis.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MONTEIRO FILHA, D. C.; COSTA, C. R. da.; FALEIROS, J. P. M.; NUNES, B. F. Construção civil no Brasil: investimentos e desafios. In: BNDES. **Construção Civil: Perspectivas do Investimento, 2010-2013**. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1261/1/Perspectivas_do_Investimento_2010-13_completo.pdf>. Acesso em: 1 Nov. de 2018.

ROMER, Paul M. Endogenous Technological Change. **Journal of Political Economy**, 1990, vol. 98, no. 5, pt. 2, pp. 71-102. Disponível na Internet: <<http://pages.stern.nyu.edu/~promer/Endogenous.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

SOLOW, Robert M. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 70, No. 1 (Feb., 1956), pp. 65-94. Disponível na Internet: <<http://piketty.pse.ens.fr/files/Solow1956.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DOS SETORES WIOD*

Tabela 1 - Graus de entrada ponderados do Brasil.

2000			2014		
Setor	Class.*	GEP**	Setor	Class.*	GEP**
construção	1	5,04	construção	1	5,93
produtos alimentícios	2	4,98	produtos alimentícios	2	5,45
petróleo	3	4,09	petróleo	3	4,03
serviços financeiros	4	3,59	veículos automotivos	4	3,98
produtos químicos	5	3,31	produtos químicos	5	3,29
veículos automotivos	6	3,22	serviços financeiros	6	3,12
defesa e segurança	7	2,92	comércio varejista	7	3,07
metais básicos	8	2,62	defesa e segurança	8	2,95
Pesquisa científica e desenvolvimento	9	2,50	produção animal	9	2,88
produção animal	10	2,45	transp. terrestre e por oleodutos	10	2,71

Fonte: Elaboração própria. Software Gephi.

*Classificação.

**Graus de Entrada Ponderados.

Tabela 2 - Graus de saída ponderados do Brasil.

2000			2014		
Setor	Class.*	GEP**	Setor	Class.*	GEP**
audiovisual	1	3,82	audiovisual	1	3,86
mineração	2	3,62	mineração	2	3,82
metais básicos	3	3,12	transporte hidroviário	3	3,19
Impressão e reprodução de mídia gravada	4	3,05	metais básicos	4	3,10
produtos de papel	5	3,01	Impressão e reprodução de mídia gravada	5	3,06
transporte hidroviário	6	3,01	Atividades legais e contábeis	6	3,00
Atividades legais e contábeis	7	2,98	produtos de papel	7	2,95
Pesquisa científica e desenvolvimento	8	2,91	Pesquisa científica e desenvolvimento	8	2,88
produtos de madeira	9	2,83	produtos de madeira	9	2,84
petróleo	10	2,74	armazenagem	10	2,73

Fonte: Elaboração própria. Software Gephi.

*Classificação.

**Graus de Saída Ponderados.

Tabela 3 - Graus de entrada ponderados dos Estados Unidos.

2000			2014		
Setor	Class.*	GEP**	Setor	Class.*	GEP**
defesa e segurança	1	14,75	defesa e segurança	1	14,76
construção	2	13,67	produtos alimentícios	2	10,19
veículos automotivos	3	12,13	veículos automotivos	3	9,52
produtos alimentícios	4	9,67	construção	4	9,40
informática e eletrônicos	5	9,48	Saúde e trabalho social	5	8,93
Saúde e trabalho social	6	7,61	petróleo	6	6,81
máquinas e equipamentos	7	6,77	produtos químicos	7	6,30
produtos químicos	8	6,33	equipamentos de transporte	8	5,76
atividades imobiliárias	9	5,94	atividades imobiliárias	9	5,74
produtos metálicos	10	5,63	máquinas e equipamentos	10	5,73

Fonte: Elaboração própria. Software Gephi.

*Classificação.

**Graus de Entrada Ponderados.

Tabela 4 - Graus de saída ponderados dos Estados Unidos.

2000			2014		
Setor	Class.*	GEP**	Setor	Class.*	GEP**
metais básicos	1	3,27	metais básicos	1	3,44
silvicultura	2	3,24	saneamento básico	2	3,36
pesca e aquicultura	3	3,09	silvicultura	3	3,24
saneamento básico	4	3,05	pesca e aquicultura	4	2,95
mineração	5	2,99	atividades postais e de correios	5	2,95
produtos de papel	6	2,98	armazenagem	6	2,89
atividades postais e de correios	7	2,89	produtos de papel	7	2,86
armazenagem	8	2,86	produtos de madeira	8	2,76
produtos metálicos	9	2,75	mineração	9	2,74
serviços administrativos	10	2,69	produtos metálicos	10	2,74

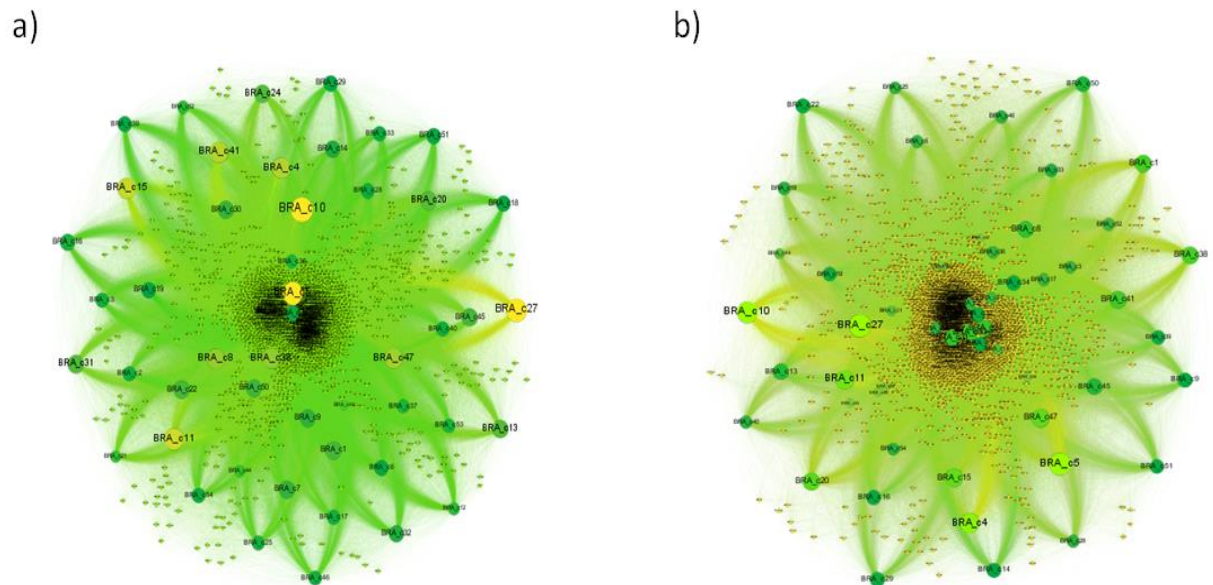
Fonte: Elaboração própria. Software Gephi.

*Classificação.

**Graus de Saída Ponderados.

APÊNDICE B – CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS PAÍSES WIOD*

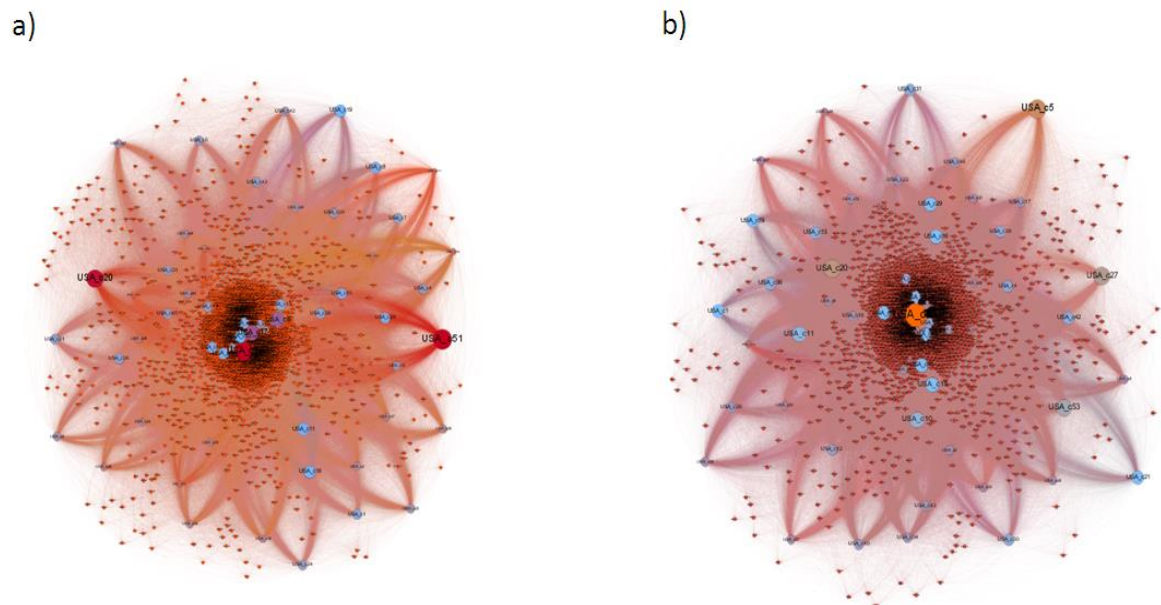
Figura 4 - Rede de compra e venda de insumo-produto do Brasil*



Fonte: Elaboração própria. *Software Gephi.*

*Grafos de grau médio ponderados de 2000 (a) e 2014 (b).

Figura 5 - Rede de compra e venda de insumo-produto dos Estados Unidos*



Fonte: Elaboração própria. *Software Gephi.*

*Grafos de grau médio ponderados de 2000 (a) e 2014 (b).