

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Mariana Piaia Abreu

A complexidade da estrutura produtiva e financeira:
uma análise de redes para o Brasil

Niterói

2018

Mariana Piaia Abreu

**A complexidade da estrutura produtiva e
financeira: uma análise de redes para o Brasil**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Economia.

Orientador: Renata Raposo Del-Vecchio

Niterói

2018

Mariana Piaia Abreu

A complexidade da estrutura produtiva e financeira: uma análise de redes para o Brasil / Mariana Piaia Abreu. – Niterói, 2018-
123 p. : il. (algumas cores.) ; 30 cm.

Orientador: Renata Raposo Del-Vecchio

Tese (Doutorado) – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA , 2018.

1. Complexidade. 2. Escola Austríaca. 3. Rede. I. Renata Raposo Del-Vecchio. II.
Universidade Federal Fluminense. III. Faculdade de Economia. IV. A complexidade
da estrutura produtiva e financeira: uma análise de redes para o Brasil

CDU 02:141:005.7

Mariana Piaia Abreu

A complexidade da estrutura produtiva e financeira: uma análise de redes para o Brasil

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Economia.

Trabalho aprovado. Niterói, 29 de junho de 2018:

Renata Raposo Del-Vecchio
(Orientadora)
Universidade Federal Fluminense

Jorge Nogueira de Paiva Britto
Universidade Federal Fluminense

Max Oliveira de Souza
Universidade Federal Fluminense

Fábio Barbieri
Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto

Rosanna Grassi
Università degli Studi Milano - Bicocca

Niterói
2018

Dedico àqueles que ao meu lado resistiram.

“I, Pencil, am a complex combination of miracles [...] If you can become aware of the miraculousness which I symbolize, you can help save the freedom mankind is so unhappily losing.”

(Leonard Reed)

“We shall not grow wiser before we learn that much that we have done was very foolish. If we are to build a better world we must have the courage to make a new star – even if that means some reculer pour mieux sauter.”

(Friedrich August von Hayek)

Resumo

A teoria da complexidade, aliada à aplicação do estudo de redes, tem sintonia com a teoria econômica da Escola Austríaca, formando os três grandes pilares desta análise. Utilizando estes conceitos, procura-se entender a estrutura de capital de duas formas: pela ótica da produção e do sistema financeiro, tendo como inspiração a divisão do conhecimento desenvolvida por Hayek e a do capital por Lachmann. Para avançar nessa discussão, o trabalho é dividido em três partes. A pesquisa apresenta, primeiramente, questões teóricas relacionadas à teoria da complexidade e à estrutura do capital austríaca. Na parte aplicada desse trabalho, buscou-se retratar duas facetas da estrutura do capital, tendo-se consciência de que não são as únicas formas de representação. A primeira é a estrutura produtiva, retratada por meio das relações entre as atividades produtivas a partir da ideia de conhecimento compartilhado, mediante o uso da classificação de ocupações. Encontrou-se que na economia brasileira as atividades mais centrais têm predominância de ocupações de baixa sofisticação, enquanto as mais sofisticadas estão na periferia, dificultando o fluxo de conhecimento. Além disso quando apenas as ocupações sofisticadas são consideradas, os caminhos na rede são mais longos, indicando que as conexões com maior conhecimento são mais esparsas. A segunda contribuição aplicada, procurou tratar a estrutura financeira, compreendida por intermédio dos vínculos de propriedade, formando padrões complexos. A estrutura dessas relações reflete o controle financeiro e os *big players*. No Brasil, a estrutura financeira é altamente concentrada, organizada em pirâmides, em que instituições relacionadas ao governo e do setor do setor financeiro são as detentoras do controle efetivo.

Palavras-chaves: Complexidade. Escola Austríaca. Redes. Estrutura Produtiva. Estrutura Financeira.

Abstract

The theory of complexity, allied with the application of the study of networks, is in tune with the economic theory of the Austrian School, forming the three main pillars of this analysis. Using these concepts, we try to understand the capital structure in two ways: from the point of view of production and the financial system, inspired by the division of knowledge developed, by Hayek and that of capital, by Lachmann. To advance in this discussion, the work is divided into three parts. The research presents, first, theoretical questions related to the theory of complexity and the Austrian capital structure. In the applied part, we tried to portray two facets of the capital structure, being aware that they are not the only forms of representation. The first is the productive structure, described through the relations between productive activities from the idea of shared knowledge, through the use of the classification of occupations. It was found that in the Brazilian economy the most central activities are predominantly of low sophistication occupations, while the most sophisticated ones are in the periphery, making the flow of knowledge difficult. In addition, when only sophisticated occupations are considered, the paths in the network are longer, indicating that connections with greater knowledge are more sparse. The second contribution applied, we sought to address the financial structure, understood through the intermediary of the property bonds, forming complex patterns. The structure of these relationships reflects financial control and big players. In Brazil, the financial structure is highly concentrated, organized in pyramids, where institutions related to the government and the financial sector are the holders of effective control.

Key-words: Complexity. Austrian School. Networks. Productive Structure. Financial Structure.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Dilema metodológico: entre Procusto e Pangloss	17
Figura 2 – Dinâmica de cascatas de informação	23
Figura 3 – Três níveis de análise: ação humana, trocas e instituições	28
Figura 4 – Representação da estrutura produtiva: diagrama de círculos concêntricos	30
Figura 5 – Representação da estrutura produtiva: triângulos hayekianos	31
Figura 6 – Representação da estrutura produtiva: estágios do processo de produção para o consumidor final	32
Figura 7 – Representação da estrutura produtiva: triângulos hayekianos reinterpretados	34
Figura 8 – Rede espaço-produto: proximidade entre produtos	49
Figura 9 – Índice de complexidade e renda <i>per capita</i>	51
Figura 10 – PIB e complexidade: análise para os BRICs	52
Figura 11 – Decomposição de <i>ligação para a frente</i> (FL) e <i>para trás</i> (BL) – em % .	54
Figura 12 – Rede G de atividades produtivas sob a perspectiva de ocupações	56
Figura 13 – Índice de Complexidade Econômica (ECI)	59
Figura 14 – Rede da Estrutura de Produção Brasileira em 2016 a partir do compar-tilhamento de ocupações	60
Figura 15 – Participação das ocupações no total do emprego e nas atividades produtivas	62
Figura 16 – Centralidade de força das atividades produtivas classificadas com base na diversidade de ocupações e sofisticação	67
Figura 17 – Rede G de atividades produtivas sob a perspectiva de ocupações sofisticadas	68
Figura 18 – Rede de Estrutura de Produção Brasileira em 2016 a partir do compar-tilhamento de ocupações sofisticadas	69
Figura 19 – Participação das ocupações sofisticadas no total do emprego e nas atividades produtivas	71
Figura 20 – Limiar de percolação: total de ocupações <i>vs</i> ocupações sofisticadas . .	72
Figura 21 – Propriedade integrada	85
Figura 22 – Relações entre os vértices: exemplos de relações assortativas e disassor-tativas	88
Figura 23 – Propriedade de Propriedade Ponderada	89
Figura 24 – Rede de Propriedade Brasileira	91
Figura 25 – Rede Integrada de Propriedade	94
Figura 26 – Rede de Controle Brasileira	96
Figura 27 – Rede Integrada Controle	98
Figura 28 – Distribuição do valor de mercado das empresas listadas	100

Figura 29 – Redes de Propriedade e Controle: valor de mercado	102
Figura 30 – Histograma da distribuição da centralidade de grau (k)	121

Lista de tabelas

Tabela 1 – Centralidade de Força e Autovetor	61
Tabela 2 – Centralidade de fluxo de intermediação	63
Tabela 3 – Correlação de Spearman	64
Tabela 4 – Centralidade de Força e Autovetor - considerando ocupações sofisticadas	68
Tabela 5 – Centralidade de fluxo de intermediação: ocupações sofisticadas	71
Tabela 6 – Rede de Propriedade: centralidade de grau e de força de saída	92
Tabela 7 – Rede integrada de propriedade: centralidade de grau e de força de saída	95
Tabela 8 – Rede de Controle: centralidade de grau e de força de saída	97
Tabela 9 – Rede integrada de controle: centralidade de grau e de força de saída . .	97
Tabela 10 – Correlações entre as redes de propriedade e controle	98
Tabela 11 – Medida de Assortatividade: correleção das centralidades de grau	99
Tabela 12 – Centralidade de força para redes de propriedade e controle ponderadas: valor do portfólio	101
Tabela 13 – Teste KS	123

Sumário

	Introdução	13
I	A COMPLEXIDADE E A ESTRUTURA DE CAPITAL AUSTRÍACA	16
1	INTRODUÇÃO	17
2	TEORIA DA COMPLEXIDADE	20
2.1	Definições de complexidade	20
2.2	Teoria de redes complexas	21
3	TEORIA DO CAPITAL: A VISÃO DA ESCOLA AUSTRÍACA	26
3.1	Escola Austríaca de Economia: algumas definições	26
3.2	Estrutura de capital: evolução do conceito	29
3.3	Complexidade na análise da estrutura de capital: Hayek e Lachmann	35
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
II	ESTRUTURA PRODUTIVA	44
5	INTRODUÇÃO	45
6	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO DE REDES COMPLEXAS	48
6.1	Análise da estrutura produtiva	48
6.2	Estrutura produtiva brasileira	52
6.3	Metodologia	55
6.3.1	Definições básicas e base de dados	55
6.3.2	Medidas de centralidades, assortatividade e limiar de percolação	56
6.4	Análise e discussão de resultados	58
6.4.1	Estrutura produtiva: ocupações sofisticadas	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73

III	ESTRUTURA FINANCEIRA	75
8	INTRODUÇÃO	76
9	ESTRUTURA FINANCEIRA: REDES DE PROPRIEDADE E CON-	
	TROLE	78
9.1	Estruturas de Propriedade e Controle	78
9.2	Metodologia	82
9.2.1	Rede de Propriedade e Controle	83
9.2.2	Rede Integrada de Propriedade e Controle	84
9.2.3	Medidas de Centralidade	86
9.2.4	Assortatividade	87
9.2.5	Propriedade e controle: o valor de mercado como ponderador	88
9.3	Resultados	89
9.3.1	Análise das redes de propriedade e de controle	90
9.3.2	Rede de controle: ações com direito a voto	95
9.3.3	Assortatividade: relações entre as centralidades de grau	99
9.3.4	Ponderação pelo valor de mercado	100
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
	Conclusão	105
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICES	119
	APÊNDICE A – DISTRIBUIÇÃO DE CONTROLE: REDES DE LI-	
	VRE ESCALA	120

Introdução

De Smith (2009 (1776)) tem-se a noção de que a riqueza das nações advém da divisão do trabalho. O autor argumentava que o aprofundamento desse fenômeno conduz à especialização e aumenta a produtividade, já que os trabalhadores se tornam mais eficientes e as inovações tecnológicas são estimuladas, melhorando a força produtiva. No entanto, para Smith, existem duas principais restrições à divisão do trabalho: o poder de troca ou a extensão do trabalho e o capital acumulado. Essas limitações são dependentes da própria divisão, formando um mecanismo autoimposto: o mercado é expandido, elevando a riqueza (e a renda), bem como ampliando a inovação. Com isso, a acumulação de capital aumenta, tornando-a uma restrição intermediária que permite a maior especialização e a produtividade. A força dinâmica da divisão do trabalho pode ser vista, portanto, como uma espiral crescente e, consequentemente, uma medida de desenvolvimento econômico: quanto mais industrializada a nação, maior o aprofundamento do trabalho, a extensão do mercado e o capital acumulado (BERDELL, 2002; SCHUMACHER, 2016; THWEATT, 1957).

Para Hausmann et al. (2014), uma reinterpretação moderna desta ideia consiste em considerar que a divisão do trabalho permite aceder a uma quantidade de conhecimento que ninguém seria capaz de realizar individualmente. Tal conhecimento só pode ser acumulado, transferido e preservado se for integrado em redes de indivíduos e organizações que o colocam em uso produtivo, de modo que economias complexas são aquelas que podem tecer grande quantidade de conhecimento através de grandes teias de pessoas, gerando um conjunto diversificado de produtos. Porque os indivíduos têm conhecimento limitado e pela divisão do trabalho, a única maneira das sociedades poderem expandir sua base de conhecimento é por meio da facilitação da interação em redes cada vez mais complexas de organizações e mercados. Assim, conforme Hausmann (2016), o *know-how* só pode crescer em um aspecto geral, de grupo, através da crescente especialização dos indivíduos, já que esses têm uma capacidade limitada para adquirir conhecimento.

Para Hayek (1948) o conhecimento nunca é encontrado de forma concentrada e integrada. O que há são porções de conhecimento dispersas, incompletas e frequentemente contraditórias, distribuídas por diversos indivíduos independentes. São os mercados e as demais organizações que permitem que o conhecimento mantido individualmente chegue aos demais. Para Lavoie (1989), Hayek tem a ideia de que as instituições econômicas funcionam de forma auto-organizada, aparentemente desordenadas, sendo o processo de produção essencialmente complexo. A quantidade de conhecimento incorporada em uma sociedade, no entanto, não está sujeita apenas ao quanto cada indivíduo o detém. Depende, em vez disso, da diversidade de conhecimento dentre os indivíduos e da capacidade deles

em combinar e fazer uso desse.

A tradição metodológica da Escola Austríaca (EA), da qual Hayek faz parte, tem como pilar a ação humana, o subjetivismo, a análise como processo e a complexidade. A EA critica veementemente o determinismo e a mecanização da teoria econômica, com utilização de agregados e foco no equilíbrio. Por outro lado, ao assumir tal postura, pode-se inclinar na direção do subjetivismo extremo, levando à demasiada generalização das hipóteses, caindo em tautologias (BARBIERI, 2013b).

O uso da teoria austríaca e suas considerações sobre complexidade, faz com seja possível assumir uma posição intermediária na análise dos fenômenos econômicos. Este arcabouço, congregando a moderna teoria da complexidade e o uso de redes complexas, é o que rege a dinâmica desta pesquisa. A junção das duas frentes pode produzir uma análise mais coerente, dada a dificuldade que é explicar a organização econômica apoiada na estrutura produtiva e financeira. É neste campo que o presente estudo pretende avançar.

A EA é uma das únicas escolas de pensamento econômico que concede à estrutura de capital papel central na sua análise. Em Hayek (2007 (1941)), tal estrutura é tratada de maneira simplificada, já que é apenas após seus desenvolvimentos sobre a teoria do capital que o autor aprofunda seus estudos na temática da complexidade, trazendo conceitos de interação e emergência. Lachmann (1956) enxerga o capital pela lente da complexidade, salientando as relações estruturais deste. Utilizando estes conceitos e aplicando análise de redes, procura-se entender a estrutura de capital de duas formas: pela ótica da produção e do mercado financeiro, tendo como inspiração a divisão do conhecimento desenvolvida por Hayek (1945) e a do capital por Lachmann (1956).

Para avançar nessa discussão, o trabalho é dividido em três partes. A pesquisa apresenta primeiramente questões teóricas relacionadas à teoria da complexidade e à estrutura do capital austríaca. Com o impasse metodológico dos temas econômicos entre a excessiva rigidez metodológica, que comprime a realidade a modelos, e a análise subjetivista extrema, na qual o erro não é factível, o tema da complexidade surge como um possível caminho do meio. Entendeu-se como necessário, desta forma, apresentar uma breve revisão do que consiste tal fenômeno, bem como uma forma de aplicação metodológica da sua família: as redes complexas.

A EA é apresentada em seguida, bem como o desenvolvimento da teoria do capital em seu núcleo, enfatizando os pontos fortes e fracos. Em termos teóricos, avalia-se a teoria do capital como a do conhecimento, fazendo com que a análise deste tema assuma a roupagem da complexidade. A ideia de Lachmann (1956) é seguida: estudar a rede de relações do capital.

Na parte aplicada desse trabalho, busca-se retratar duas facetas da teoria do capital para o Brasil, tendo-se consciência de que não são as únicas formas de representação. Em

uma delas, a estrutura produtiva é apresentada por meio da teoria de redes, buscando-se um mapeamento da organização interna da economia brasileira. Definem-se as relações entre as atividades produtivas a partir da ideia de conhecimento compartilhado, mediante o uso da classificação de ocupações, ao se assumir que é mais fácil transitar de uma atividade produtiva para a outra se elas têm uma base em comum.

Na segunda contribuição aplicada, utiliza-se a estrutura financeira. Neste caso, a arquitetura financeira de uma economia pode ser compreendida recorrendo à teoria de redes, em que firmas e acionistas estão ligados entre si por muitas relações de propriedade, formando padrões complexos. A estrutura dessas relações reflete o poder econômico ou o controle financeiro da região analisada.

Busca-se assim, integrar diferentes conceitos e problemas de forma a analisar as estruturas produtiva e financeira de maneira mais realista. De um lado, a Escola Austríaca contribui como alicerce teórico, mostrando como olhar os processos econômicos: a teoria do capital é aberta a partir das esferas produtiva e financeira, de modo a não se perder a essência complexa das suas relações. Por outro, a teoria de redes fornece a base para formalização, com o intento de enfatizar as complexidades das interações, sem cair no *leito de Prousto*.

Parte I

A complexidade e a estrutura de capital
austríaca

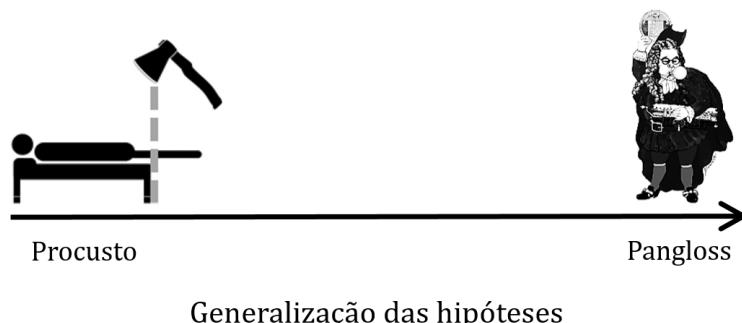
1 Introdução

Para Mill (2009 (1882)) e Hayek (1967) os fenômenos sociais são complexos, envolvendo a descrição de estruturas sujeitas à influência de inúmeras causas que agem entre si e cujos valores se alteram continuamente. Assim sendo, descrições teóricas de estruturas – não capturáveis por variáveis agregadas – cujos detalhes não são observáveis, são centrais. A construção de uma teoria que explique como uma ordem complexa emerge espontaneamente da interação de elementos simples é de suma importância para estudiosos do assunto. Qualquer teoria proposta para resolver o problema não pode assumir um elemento externo que controla o sistema de fora: a explicação deve ser de baixo para cima, a partir de elementos simples para a própria estrutura complexa. Isto leva a um antigo dilema metodológico: simplificações drásticas são criticadas por sua falta de realismo, mas ao se considerar a riqueza de diferentes aspectos de um fenômeno, leva-se a um conjunto de conteúdo que desafia a compreensão.

Os fatos relativos ao subjetivismo e à complexidade do objeto estudado sugerem a existência, em especial nas ciências sociais, de um *trade-off* metodológico entre relevância e operacionalidade. A representação formal na teoria econômica da complexidade traz consigo o risco de se perder de vista a própria apreciação dos elementos de complexidade e subjetivismo. Apesar do risco, uma teoria sobre ordens espontâneas requer tal representação. Assim, uma das questões que envolve esta pesquisa está no empasse de uma representação formal de um fenômeno poder reduzir a percepção do analista a respeito da complexidade.

Barbieri (2013b) apresenta o dilema metodológico entre dois extremos do grau de generalização das hipóteses: de um lado Procusto, com pressupostos específicos, e no outro extremo Pangloss, com conjecturas abstratas – Figura 1.

Figura 1 – Dilema metodológico: entre Procusto e Pangloss



Fonte: Elaboração própria com base em Barbieri (2013b).

Na mitologia grega Procusto era dono de uma propriedade em Corydalus, na Ática, caminho entre Atenas e Elêusis, onde costumavam passar muitos viajantes. Na aparente hospitalidade, o anfitrião oferecia um jantar e convidava o viajante para pernoitar. Procusto queria que a cama se encaixasse perfeitamente ao hóspede, assim, os que fossem muito altos tinhiam as pernas cortadas por um afiado machado, já os que eram muito pequenos, eram esticados até ficarem do tamanho da cama¹. Para Taleb (2016) a máxima desta lenda recai sobre os limites do conhecimento enfrentados pelos humanos: o que não é observado ou desconhecido é solucionado por meio de ideias “comoditizadas”, de categorizações redutivistas. Barbieri (2013b) transfere a ideia para análise econômica na qual a “análise procustiana” implicaria na adoção de hipóteses muito restritivas, levando à adaptação da realidade, por não se ajustar ao ideal proposto pela teoria.

No outro extremo, na generalização das hipóteses, está a figura de Pangloss, personagem do romance de Voltaire (2012 (1759), p. 32), mestre de Cândido. Seus ensinamentos se resumiam na frase: “[...] as coisas não podem ser de outro jeito: pois tudo sendo feito para um fim, tudo é necessariamente para o melhor fim.”. Pangloss distorce a realidade, negava o real e vivia no irreal. Assim, a adoção de hipóteses muito amplas traz consigo o perigo de definir qualquer situação como ótima, levando ao “erro panglossiano”. Para Barbieri (2013b), ao se assumir hipóteses muito amplas, corre-se o risco de que estas se transformem em tautologias, justificando qualquer resultado, vindo a incorrer no ‘erro panglossiano’.

Este dilema metodológico conduz a questão de onde se posicionar na linha de generalização das hipóteses e envolve:

[...] (a) escolher um grau de especificidade das hipóteses o mais alto possível, dada a restrição de que a complexidade do problema requer hipóteses mais genéricas, (b) reconhecer que explicações de fenômenos complexos não implicam em previsões exatas e possibilidade de testes conclusivos, na medida em que destacamos o efeito de apenas alguns poucos fatores que influenciam o fenômeno estudado e (c) levar sempre em conta tanto o aspecto subjetivo das explicações, ou seja, considerar as opiniões dos agentes sobre a realidade, quanto as maneiras como essa realidade limita aquilo que os agentes podem pensar sobre ela. Dessa forma, a realidade não fica definida nem pela imaginação humana, nem pelas restrições materiais que limitam a ação. Dessa forma, Procusto e Pangloss saem de cena (BARBIERI, 2013b, p. 62).

Os elementos de complexidade e subjetivismo foram de fato deixados de lado na teoria econômica conforme as crenças metodológicas dos economistas passaram a valorizar o formalismo matemático e o empirismo. Analistas podem interpretar equações como entidades abstratas que não podem ser estimadas empiricamente. Porém, com a revolução

¹ Conta a lenda que um dos viajantes que passou pela propriedade de Procusto foi Teseu, que futuramente veio a matar o famoso Minotauro. O visitante fez com que Procusto deitasse em seu leito de ferro e, sendo grande demais, foi decapitado (TALEB, 2016).

empirista, a matemática passou a ser vista como auxílio ao teste empírico de hipóteses mensuráveis. Nesse ponto, o dilema estudado se manifesta: complexidade e subjetivismo tendem a perder importância.

Os pesquisadores que seguem a tradição da Escola Austríaca de Economia (EA), herdeiros do pensamento metodológico clássico no que diz respeito as limitações metodológicas impostas pelos elementos de complexidade e subjetivismo, empregam hipóteses mais específicas ao longo do desenvolvimento de suas pesquisas teóricas e aplicadas, sem no entanto perder de vista o perigo imposto pelo dilema. Os austríacos, pela sua consciência metodológica, estão em posição única no desenvolvimento de uma teoria sobre auto-organização nos mercados, situando-se em uma posição intermediária do dilema metodológico, como visto de maneira similar por Garrison (1982).

Contudo, por vezes, o se enfatizar o subjetivismo, como faz Lachmann (1994 (1978)) na segunda fase do seu trabalho, com a preponderância do subjetivismo radical, corre-se o risco de negar as realidades subjacentes ao processo de mercado. Para Barbieri (2017b), Lachmann não pretendia negar tais realidades, mas a direção de seu pensamento acabou por levar a tal negação, levando ao desprezo do erro na análise econômica.

Nesta primeira parte apresenta-se o que se entende por complexidade e um dos métodos para tratar tais sistemas, as redes complexas. Em sequência uma breve apresentação da EA e revisão da teoria do capital associada à tal vertente é feita, salientando os traços da análise de complexidade que os teóricos da EA dão a esta temática.

2 Teoria da complexidade

2.1 Definições de complexidade

Não há uma definição homogênea do que vem a ser complexidade¹, o que há claramente é a distinção de algo que é complexo do que é apenas complicado². Apesar de não haver definição absoluta do termo complexidade, uma caracterização é possível: complexidade é algo com muitos elementos que interagem entre si, em que fenômenos emergem a partir dos elementos e são diferentes da simples soma destes (JOHNSON, 2009; ANTUNES; GONZALEZ, 2015). Segundo Cunha (2016), em um sentido mais amplo, a complexidade é uma nova visão da ciência que se opõe ao mecanicismo e ao reducionismo, enfatizando questões como o surgimento, auto-organização e adaptação. Para Cilliers (2002), um sistema é dito complexo quando a interação entre os componentes do sistema e entre estes elementos com o meio em que estão inseridos são de tal natureza que o sistema como um todo não pode ser totalmente compreendido por meio da análise dos seus componentes.

Ladyman, Lambert e Wiesner (2013) apresentam uma visão geral das características de sistemas complexos: (i) *loops de feedback* – um sistema apresenta esta característica quando as interações de seus componentes dependem da interação com os componentes vizinhos; (ii) ordem espontânea – é a ordenação que surge de um grande número de elementos descoordenados, é a ordem espontaneamente surgindo da desordem; (iii) robustez e falta de controle central – o sistema é robusto se alterações em níveis mais baixos não afetam a estabilidade do sistema, sendo a regularidade da ordem uma medida de robustez; sistemas centralmente controlados estão mais suscetíveis a rupturas, já sistemas não centralmente coordenados tem a vantagem de componentes redundantes compensarem o funcionamento caso um venha a falhar; (iv) organização emergente ou emergência – comportamento que surge a partir da relação entre os níveis micro e macro do sistema; (v) organização hierárquica – a robustez e emergência tendem a implicar em uma organização que segue uma hierarquia, já que uma ordem emerge da interação de elementos de um nível mais baixo, os elementos do nível mais elevado dependem da robustez dos elementos de nível inferior; (vi) numerosidade – em geral muitos elementos são necessários para uma organização hierárquica robusta que compõem uma complexa emergência.

Cilliers (2002) também define algumas características importantes de sistemas complexos em concordância com as supracitadas, acrescentando o fato de sistemas complexos

¹ Em Horgan (2015) encontram-se mais de quarenta definições de complexidade. Mitchell (2009) também apresenta algumas definições.

² Ver mais em Reitsma (2003) e Chapman (1984).

operarem fora das condições de equilíbrio, já que tais sistemas têm uma história e evoluem, sendo seu passado também responsável pelo seu comportamento presente.

No que tange a complexidade econômica, Arthur, Durlauf e Lane (1997) listam seis características distintivas dos sistemas econômicos complexos: (i) dispersas interações entre agentes heterogêneos; (ii) ausência de um controlador central que gerencia as interações – controles e restrições emergem da competição e cooperação entre os agentes; (iii) organização hierárquica transversal – a economia possui vários níveis de organização e interação que estão inter-relacionados; (iv) adaptação contínua – comportamentos, ações, estratégias são revistas continuamente, ou seja, os agentes acumulam experiência; (v) novidade perpétua – novos nichos são continuamente criados através de mercados novos, comportamentos, tecnologias e instituições; (vi) dinâmica fora de equilíbrio – devido à novidade perpétua, a economia fica sempre longe de qualquer ótimo global.

A busca de definições e caracterizações são um movimento recente na literatura, porém *insights* da análise de sistemas complexos já estavam presentes na metáfora da mão invisível de Smith (2009 (1776)), que irão se dar de forma mais marcante a partir dos trabalhos do representante da escola austríaca Friedrich A. Hayek (JAFFÉ, 2015; BARBIERI, 2013a).

2.2 Teoria de redes complexas

Sistemas complexos são geralmente muito relutantes em serem expressos em formas analíticas fechadas. Isso significa que geralmente é difícil obter definições matemáticas descrevendo as propriedades e dinâmicas do sistema em estudo, já que a complexidade dos agentes que compõem o sistema pode ser ignorada. Por outro lado, tais sistemas podem ser mais facilmente descritos por sua estrutura de interações. Portanto, qualquer sistema complexo do mundo real encontra sua representação formal natural em um grafo: vértices representam os agentes e as arestas a suas interações (GLATTFELDER, 2010).

Weaver (1948) procurou explicar como a ciência se desenvolve. Para isto o autor dividiu a história da ciência em três eras: era da simplicidade, era da complexidade desorganizada e era da complexidade organizada. O divisor destas eras seria o desenvolvimento de ferramentas matemáticas capazes de descrever sistemas de complexidade crescente. No primeiro período se desenvolveram os chamados problemas de simplicidade, com sistemas que poderiam ser descritos usando trajetórias e superfícies. Por mais que pudessem surgir complicações matemáticas, o problema não seria complexo, já que complexidade só poderia emergir em sistema com muitos elementos que interagem, evoluem e adaptam-se, gerando diversidade e fazendo surgir a necessidade de evolução da ciência. Na segunda fase surge uma nova matemática, por meio da estatística e probabilidade, fazendo com que os problemas de complexidade fossem descritos usando médias e distribuições de

probabilidade, incorporando incertezas, independentemente das características e padrões de interações individuais dos componentes do sistema. Apesar do avanço, esta reformulação da matemática ainda apresentava limitações ao tratar de sistemas complexos, até que em meados do século XX surgiu uma ciência voltada à análise da identidade dos elementos do sistema e à interação destes componentes, que necessitava de uma nova matemática para acompanhá-la. A teoria de redes surge como parte deste processo de compreensão de sistemas complexos organizados:

Networks are mathematical objects that help us keep track of the identity of the elements involved in a system and their patterns of interactions, making networks the ideal structures to describe problems of organized complexity [...] But the study of systems of organized complexity did not grow radially from Weaver's seminal paper, or from a single stream of literature. Instead, it grew in patches, in independent and often unconnected parts of academia. Unlike other academic efforts, which usually grow from a single academic source, the science of organized complexity was born fragmented, with pioneers in many different fields (HIDALGO, 2016, p. 1-2).

O estudo de redes complexas remonta os trabalhos de Flory (1941), Solomonoff e Rapoport (1951) e Erdős e Rényi (1959), Erdős e Rényi (1960), Erdős e Rényi (1961), mas apenas recentemente seu estudo foi intensificado. As redes de topologia complexa eram descritas como aleatórias na teoria dos grafos, porém foram pouco testadas no mundo real, o que foi se modificando com a maior disponibilidade de informações, devido ao avanço tecnológico. Com a alteração do paradigma foram reveladas propriedades que diferem redes de mundo real de redes aleatórias: a topologia e a evolução de redes reais apresentam propriedades organizacionais robustas e uma estrutura topológica não trivial (BARABÁSI; PÓSFAI, 2016).

As características de redes reais não são explicadas por uma conectividade uniformemente aleatória, mas podem apresentar a estrutura de *cluster*³, distribuição de grau do tipo lei de potência (*power law*), e *hubs*⁴. Barabási e Albert (1999) relataram a existência de um elevado grau de auto-organização como uma propriedade característica de redes complexas, mostrando que independente do sistema e da identidade dos seus constituintes, a probabilidade $P(k)$ que um vértice na rede interage com k outros vértices, decai como uma lei de potência, seguindo $P(k) \sim k^{-\gamma}$. Para explicar a origem desta invariância de escala, os autores mostram que os modelos de rede reais incorporam o crescimento e a fixação preferencial, atributos responsáveis pelo dimensionamento da lei de potência.

³ Diz-se que uma rede apresenta estrutura da *cluster* se os vértices da rede podem ser facilmente agrupados em conjuntos de modo em que cada conjunto de vértices estejam densamente ligados entre si. Ver mais em Newman (2004) e Onnela et al. (2012).

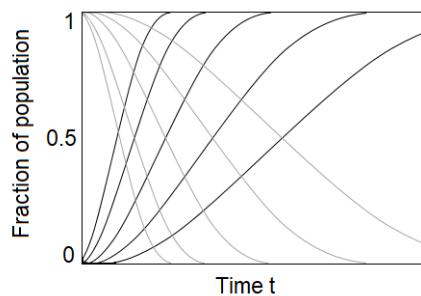
⁴ *Hubs* são vértices altamente ligados a outros vértices na rede. Segundo Barabási (2002), a presença de *hubs* proporciona uma distribuição de grau de cauda longa, indicando a presença de vértices com grau muito mais elevado do que a maioria dos outros.

Redes complexas, em geral, exibem propriedades não óbvias do ponto de vista dos seus elementos. Um dos objetivos do estudo da estrutura das redes é entender e explicar o funcionamento dos sistemas, os processos que acontecem nestas redes. Um dos principais processos é o de percolação. A teoria da percolação analisa o surgimento de caminhos que transpassam a estrutura da rede. Em uma rede em que as arestas são ocupadas por uma probabilidade p e não ocupadas com a probabilidade $1 - p$, tem-se que para valores pequenos de p , apenas aglomerados finitos de arestas são ocupados. Considerando uma probabilidade crítica p_c , ou “limiar de percolação”, se $p > p_c$, um aglomerado infinito surge, ou seja, emerge um componente gigante (NEWMAN, 2003).

A descoberta da existência de uma probabilidade crítica em que se forma um componente gigante é uma das principais contribuições dos grafos aleatórios. No entanto, a teoria da percolação não se limita a reproduzir as previsões de redes aleatórias. Essa perspectiva se estende a várias questões que envolvem redes reais e são cruciais para a compreensão de aspectos importantes da topologia de redes (ALBERT; BARABÁSI, 2002)⁵.

Muitos modelos acabam assumindo, pelo menos implicitamente, uma relação simples entre os resultados globais e motivos individuais. Granovetter (1978) apresentou o modelo de percolação de limiar (*threshold*) ao comportamento coletivo. Contudo, o autor assumiu que cada elemento era influenciado igualmente por todos os outros, ou seja, uma propagação *all-to-all* ou completa. Watts (2002) propôs uma adaptação desse modelo, na qual os elementos são diretamente influenciados por apenas um pequeno subconjunto de vizinhos imediatos. Assim, elementos com alta conexão entre si (alta centralidade de grau k) fazem com que o ritmo de propagação seja maior, como pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Dinâmica de cascatas de informação



Fonte: Newman (2010, p. 662).

⁵ Tecnicamente, não existe um “componente gigante” em uma rede finita. A definição de componente gigante é própria à grafos aleatórios, em que o componente é como um aglomerado tem a dimensão na proporção do tamanho da rede. Desta forma, não faz sentido falar de tamanho de componente se o tamanho da rede é fixo. Na prática, normalmente considera-se um “grande componente”, que é uma *proxy* razoável de um componente gigante para redes de tamanho finito (NEWMAN, 2010).

A rapidez com que uma informação ou comportamento se dissemina em uma rede, cresce com o número de conexões entre os elementos desta (na primeira curva a centralidade de grau é de 16, na segunda de 8, na terceira de 4, na quarta de 2 e na última de 1). As linhas cinzas representam a os elementos suscetíveis às novas informações a cada período de tempo t . A probabilidade de ocorrência de uma cascata de informação e sua dimensão dependem, desta forma, da centralidade do grau. Em redes muito esparsas, os agentes encontram-se pouco conectados e não existem *clusters* grandes o suficiente para formar uma massa crítica, ou um *clusters* de percolação, que propicie cascatas de adoção. As mudanças que ocorrem acabam por se limitar aos grupos isolados em que elas eventualmente se iniciam (WATTS; DODDS, 2007).

Em redes densas, por sua vez, as cascatas de informação podem ser desencadeadas por elementos comuns, localizados próximos ou dentro de *clusters*. Sistemas desse tipo podem permanecer estáveis e resilientes a choques externos durante longo tempo, até que, inesperadamente, comportamentos alteram-se em forma de cascata em resposta a mudanças aparentemente pouco relevantes (HARRIGAN; ACHANANUPARP; LIM, 2012).

A compreensão da natureza de como a comunicação flui através de redes é reforçada pelos conceitos de homofilia e heterofilia⁶. Homofilia é o grau em que um par de componentes que se comunicam é semelhante; ela ocorre com frequência, pois a comunicação é mais eficaz quando a fonte e o receptor são parecidos. Já heterofilia é o grau em que os pares que interagem são diferentes em certos atributos; esse tipo de comunicação ocorre raramente (ROGERS, 2003). Quando os elementos de uma diáde se comunicam, é provável que eles se tornem mais homofílicos. Quanto mais homofílicos os agentes são, mais é provável que sua comunicação seja efetiva. Contudo, conexões heterofílicas unem dois conjuntos de elementos distintos em um sistema. Esta união entre diferentes cria as chamadas “pontes”, ligações importantes para a transmissão de informações⁷. Desta forma, por mais que a comunicação homofílica seja mais frequente e fácil, a comunicação heterofílica pode mudar a dinâmica dos processos de difusão. A homofilia acelera tais processos, mas limita a propagação para os elementos conectados a uma rede densa.

Em teoria da rede, os termos “assortatividade” e “disassortatividade” são usados para tratar a homofilia e heterofilia, respectivamente. Newman (2002) define uma rede assortativa como aquela em que vértices que possuem muitas (poucas) ligações tendem a se conectar a outros vértices que também apresentam muitos (poucos) vínculos. De forma oposta, uma rede disassortativa apresenta vértices altamente (baixa) conectados que se relacionando com outros com poucas (muitas) ligações.

⁶ A ideia geral do comportamento homofílico/heterofílico foi posta pelo sociólogo francês Gabriel Tarde, em 1903, que notou que as relações sociais são muito mais estreitas entre os indivíduos que se assemelham em ocupação e educação. Sociólogos têm se interessado pela homogeneidade dos grupos e pela a homofilia das relações diáticas em processos de difusão, como Blau (1977) e McPherson e Smith-Lovin (1987).

⁷ Para mais informações sobre pontes e lacunas estruturais ver Burt (2000) e Burt (2009).

Newman (2002) propõe uma medida do grau de assortatividade e encontra que, de forma geral, redes sociais tendem a apresentar padrão assortativo, enquanto que redes tecnológicas e biológicas apresentam padrão disassortativo⁸. O autor conclui que as redes se infiltram mais facilmente se as relações forem assortativas e que elas também apresentam maior robustez para a remoção de ligações. Este resultado é intuitivamente razoável, já que em uma rede assortativa, os vértices com muitas conexões tentam a ficar juntos, numa espécie de sub-rede ou grupo de centralidade de grau mais elevada do que a média da rede como um todo. Desta forma, a percolação irá ocorrer mais cedo dentro de tal sub-rede. Por outro lado, a percolação estaria restrita a esta.

Para Glattfelder (2010), em essência, as propriedades do sistema complexo podem ser entendidas mapeando-as em uma rede complexa e, em seguida, estudando as regularidades da rede. Este seria o “espírito” do paradigma: regras simples dando origem a um comportamento complexo.

⁸ Mostram coeficiente positivo, ou seja, são assortativas, as redes de coautoria em física (0,363), coautoria em biologia (0,127), coautoria em matemática (0,120), parcerias de atores de cinema (0,208), diretores de empresas (0,276). Mostram coeficiente negativo, ou seja, padrão disassortativo, as redes de internet (-0,189); WWW (-0,065), interações de proteínas (-0,156), redes neurais (-0,163), cadeia alimentar marinha (-0,247), cadeia alimentar de água doce (-0,276).

3 Teoria do capital: a visão da Escola Austríaca

3.1 Escola Austríaca de Economia: algumas definições

Lakatos (1978) define programa de pesquisa como regras metodológicas que conectam os membros que as seguem de maneira contínua. O elemento básico da análise é o núcleo central (*hard core*), não-falseável por convenção. As regras também definem tanto caminhos que a pesquisa deve evitar (heurística negativa), como os caminhos que ela deve seguir (heurística positiva), formando o cinturão protetor. Estas são hipóteses *ad hoc* são falseáveis, possibilitando a evolução teórica do sistema, que pode ser progressiva, caso as hipóteses sejam corroboradas, e regressiva, caso não sejam.

O conjunto das teorias da Escola Austríaca de Economia (EA) pode ser identificado como um programa de investigação (ZANOTTI, 1997). Segundo os trabalhos de Barbieri (2001) e Boettke e Prychitko (1994), o núcleo da EA é composto por quatro características: (i) individualismo metodológico; (ii) subjetivismo metodológico; (iii) análise de processo; (iv) complexidade. O individualismo metodológico analisa os fenômenos econômicos a partir do comportamento individual dos agentes tanto para compreender os microfenômenos, como também para interpretar os macrofenômenos, salientando a importância da ação individual no estudo de agregados econômicos (CHRISTIANSEN, 1994).

A teoria subjetiva do valor da EA remonta à Menger (1986 (1871)), que postula que os bens têm um valor determinado a partir de uma escala subjetiva individual. Contudo o subjetivismo metodológico da EA não se limita à esta análise, já que também é incorporado no conhecimento dos agentes e na formação de expectativas destes. O subjetivismo define a forma de olhar os processos econômicos (HORWITZ, 1994).

O foco da EA não se dá sobre estados de equilíbrio do mercado, mas sim sobre os processos que ocorrem neste. A ação humana (subjetiva) ocorre sob incerteza (conhecimento imperfeito) e assim erros surgem, fazendo com que o equilíbrio não ocorra. Nessa dinâmica de tentativa e erro, em um mundo em constante mudança, o processo de aprendizagem ocorre fazendo emergir, ao longo do tempo, um certo ordenamento, chamado por Hayek (1948) de ordem espontânea (IKEDA, 1994). A EA tem como característica a análise das relações estruturais heterogêneas, ao invés de focar em um agregado homogêneo, já que o todo não é a simples soma das partes e padrões diferenciados podem emergir no macro a partir das relações em nível micro (BARBIERI, 2001).

Com base neste núcleo os autores vinculados ao programa de pesquisa austríaco elaboraram suas teorias em determinadas direções (heurística positiva):

[...] tornar os fenômenos econômicos inteligíveis em termos de ação humana proposital, em especial o estudo dos planos individuais; traçar as consequências não intencionais da ação humana; lidar com as consequências da passagem do tempo e da imperfeição do conhecimento, como o estudo da inconsistência de planos; desenvolver teorias sobre a aquisição de conhecimento por parte dos agentes; estabelecer as condições para se admitir a existência de uma tendência ao equilíbrio; estabelecer as condições em que ocorrem desequilíbrio, como na teoria de ciclos; construir teorias com relações estruturais entre seus elementos, que deem conta da diversidade e complexidade do fenômeno estudado (BARBIERI, 2001, p. 15).

Os autores da EA também procuram seguir regras negativas (heurística negativa):

[...] não construir teorias que estabeleçam relações causais entre agregados e médias, sem fazer referência a ações humanas individuais; não construir teorias nas quais as ações humanas são completamente determinadas por situações externas, negando-se alguma autonomia à mente humana; não utilizar teorias que admitem conhecimento perfeito ou otimamente imperfeito; não desconsiderar diversidade individual dos agentes e o realismo das hipóteses (rejeita-se o instrumentalismo metodológico) (BARBIERI, 2001, p. 15–16).

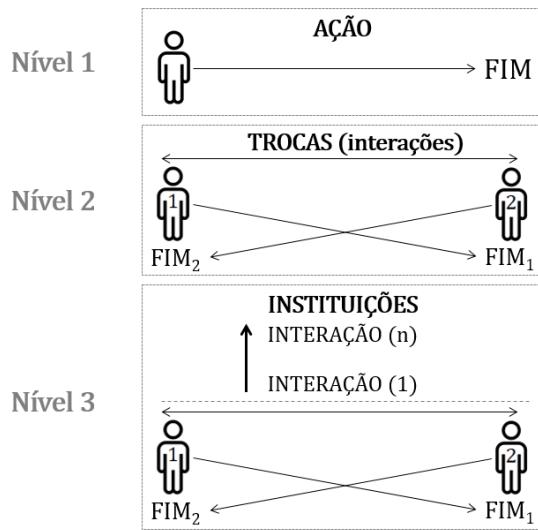
Existem grandes controvérsias dentro da EA, entre elas o papel do uso do conhecimento pelos indivíduos no processo de mercado elaborado por Hayek. Barbieri (2001) pondera que apesar deste elemento surgir no subjetivismo, presente no núcleo, ele não é tratado como fundamento por ser um tema controverso na EA¹. Desta forma, o autor identifica que o problema do conhecimento pode ser tratado no cinturão protetor mais amplo da EA. O problema de Hayek se dá através da teoria do crescimento do conhecimento dos indivíduos: sob quais condições a tendência ao equilíbrio existe e qual a fundamentação do processo pelo qual o conhecimento se modifica (HAYEK, 1948). O problema da divisão do conhecimento surge, assim, como uma forma de entender o processo em que uma ordem espontânea emerge a partir da interação de indivíduos que possuem apenas uma fração do conhecimento.

A figura 3 esquematiza análise a partir da teoria da EA, dividido-a em três níveis, segundo Meseguer (2009).

O homem atua sempre com o intuito de alcançar determinados fins (objetivos) que considera relevante. Aos fins é atribuído um determinado valor subjetivo, segundo uma particular escala que irá variar de acordo com o momento e circunstância. No desenvolvimento de sua ação, o indivíduo vai descobrindo e selecionando os meios que considera mais adequados para poder atingir seus objetivos. Atribui-se aos meios uma determinada utilidade, em função de sua maior ou menor capacidade na hora de permitir alcançar as metas que são propostas.

¹ Rothbard (1962) e seus seguidores rejeitam o problema do conhecimento de Hayek.

Figura 3 – Três níveis de análise: ação humana, trocas e instituições



Fonte: Elaboração própria com base em Meseguer (2009, p. 169).

Os processos de trocas entre os indivíduos, por sua vez, são um meio para poder alcançar bens econômicos. Por exemplo: o sujeito 1 dispõem de uma quantidade de bens que para ele tem menor valor que certa quantidade de bens que está em poder do sujeito 2; o indivíduo 2 está, com respeito à quantidade de bens que dispõe, em relação oposta à 1. Para que haja a troca, deve haver o conhecimento da oportunidade desta pelos sujeitos (descoberta de nova informação) e o direito de poder levar à prática da troca dos bens (relacionado com os conceitos de propriedade e acordos de troca). Nesta situação, a troca só depende da vontade dos indivíduos 1 e 2 de entrarem em acordo para poder alcançar maior e mais completa satisfação das suas necessidades (lei de utilidade marginal decrescente: sendo os meios escassos, serão destinados primeiro a realização dos fins os mais valorados e só depois a satisfação das necessidades menos urgentes).

A ideia da ação humana e da função empresarial individual (como capacidade criativa e de descoberta do ser humano) são plenamente coincidentes (como também coincidem a ideia de relações de troca, como processos dinâmicos de coordenação social e a função empresarial de troca). Assim, se a função empresarial é desenvolvida por qualquer pessoa que atua para modificar o presente e conseguir seus objetivos futuros, a mesma surge então, tanto na relação que se produz entre o atuar de um indivíduo isolado e o meio onde se dá sua ação, como e nas relações que ocorrem entre dois ou mais indivíduos que atuam para poder alcançar seus próprios objetos (HUERTA DE SOTO, 2012).

Com o passar do tempo, o conjunto de costumes que regulam a atividade de troca vai tendo um caráter cada vez mais definido e suas “regras” vão se generalizando. Esse processo ocorre de maneira significativamente dilatada no tempo, em que cada indivíduo,

buscando seus próprios fins e trocando com outros, foi descobrindo outras possibilidades de enfrentar e solucionar os problemas que foram surgindo em cada época e lugar, por meio de processos de tentativa e erro, assim como de aprendizagem e transmissão da informação adquirida. Ao mesmo tempo em que se inicia a atividade de troca de informação, vai se produzindo a institucionalização dessa atividade, que receberá o nome de mercado² (MESEGÜER, 2009).

Desta forma, na análise da EA, em um primeiro nível tem-se o estudo da ação humana (da ação empresarial individual): ação de um indivíduo isolado que persegue um fim utilizando meios. No segundo nível as relações de troca (função empresarial de inter-relações): relações entre os indivíduos no interior de um grupo. No terceiro nível o processo de formação evolutiva de instituições sociais: as ordens espontâneas sociais e a formação de normas que regulam dão origem ao nascimento desenvolvimento de instituições sociais acumuladoras de informação evolutiva (MESEGÜER, 2009).

3.2 Estrutura de capital: evolução do conceito

O conceito de estrutura produtiva aqui desenvolvido remonta a Menger (1986 (1871)) e está intimamente relacionado aos tipos de bens presentes em uma economia de mercado: bens de consumo (ou de primeira ordem) que são bens que satisfazem as necessidades humanas diretas, e fatores de produção (ou bens de ordem superior), que são submetidos ao processo de transformação no tempo. Para Menger (1986 (1871)):

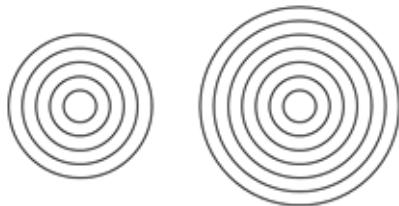
[...] para que uma coisa tenha qualidade de bem, é indispensável que possa ser colocada em nexo causal com a satisfação de determinadas necessidades humanas. Contudo, vimos também que o nexo causal imediato entre o bem e a satisfação das respectivas necessidades humanas não constitui absolutamente condição sine qua non para que seja um bem, e que grande parte das coisas deriva sua qualidade de bem simplesmente do fato de terem nexo causal indireto e mediato com a satisfação de necessidades humanas. A lei de que os bens de ordem superior só conservam sua qualidade de bens, enquanto conservarem os bens de ordem inferior para cuja produção serve, não constitui modificação que afete o princípio supra, mas antes uma modalidade completa da mesma. (MENGER, 1986 (1871), p. 253-253).

Böhm-Bawerk (1986 (1909)) concebe a estrutura produtiva em etapas em um diagrama de círculos concêntricos, um conjunto de anéis para representar a estrutura temporal de produção. A produção de um bem qualquer começa no centro do círculo através da utilização dos meios originais (recursos naturais e trabalho). No decorrer do tempo, o processo evolutivo se expande de dentro para fora e o produto final é representado pelo anel

² Mercado aqui não é entendido como simplesmente o fluxo mercantil de bens e serviços, mas, em um sentido mais geral, como ordem espontânea formada por um conjunto de relações de troca – em essência, troca de informações –, que surge no seio da sociedade e que está regulado por um conjunto de normas e costumes essencialmente evolutivo.

mais afastado. Assim quanto mais anéis o círculo possuir, maior o grau de desenvolvimento do processo produtivo ou do sistema econômico. Na Figura 4, por exemplo, o diagrama de círculos concêntricos do lado direito representa uma estrutura de capital mais sofisticada do que o da esquerda, com cada anel representando uma classe de maturação.

Figura 4 – Representação da estrutura produtiva: diagrama de círculos concêntricos



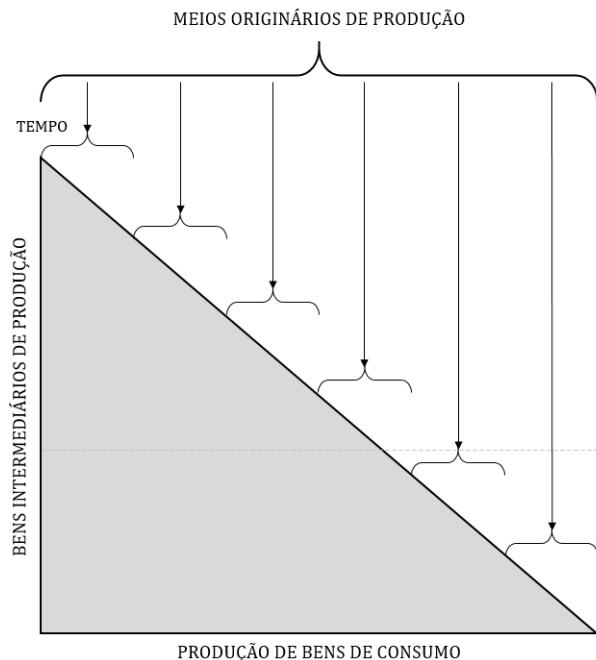
Fonte: Böhm-Bawerk (1986 (1909), p. 133).

Essa forma de retratar a estrutura de capital influenciou a análise de Hayek (2008 (1931)). A caracterização do autor é um ponto marcante para a teoria do capital da EA: a representação consiste em uma estrutura com etapas ao longo do tempo, conhecida como *triângulos hayekianos*. O triângulo capta a linearidade essencial – o que não significa negar a existência de não linearidades importantes – da estrutura de produção da figura 5 corresponde à figura 4 de Böhm-Bawerk.

A teoria e representação de Hayek tem como principal característica a desagregação, ou seja, o pressuposto de que os bens de capital são heterogêneos é indispensável na concepção de uma estrutura produtiva, tornando claro tanto o problema da alocação intertemporal de recursos, bem como evidencia o caminho de solução do mercado para as questões de poupança e investimento (SOROMENHO, 2012). A Figura 5 representa as aplicações sucessivas dos meios originais de produção necessários para levar adiante a produção de bens de consumo provenientes de qualquer momento do tempo, a hipotenusa de um triângulo retângulo.

O valor dos meios de produção originais é expresso pela projeção horizontal da hipotenusa, enquanto que a dimensão vertical, medida em períodos arbitrários a partir de cima para baixo, expressa o progresso do tempo. A inclinação da linha representa a quantidade de meios originais de produção utilizados, o que significa que estes meios de produção originais são gastos de forma contínua, durante todo o processo produtivo. A parte inferior do triângulo representa o valor corrente de saída de bens de consumo. A área do triângulo mostra, assim, a totalidade das etapas sucessivas, por meio da qual as várias unidades de meios originários de produção passam antes de se tornarem prontos para consumo. A área também mostra a quantidade total de produtos intermediários que devem existir em qualquer momento do tempo, a fim de assegurar um fornecimento

Figura 5 – Representação da estrutura produtiva: triângulos hayekianos



Fonte: Hayek (2008 (1931), p. 228).

contínuo de artigos de consumo. Por este motivo, pode-se conceber este diagrama não só como representação das fases sucessivas da produção de bens de consumo em qualquer dado momento do tempo, mas também dos processos de produção que acontecem simultaneamente em uma economia.

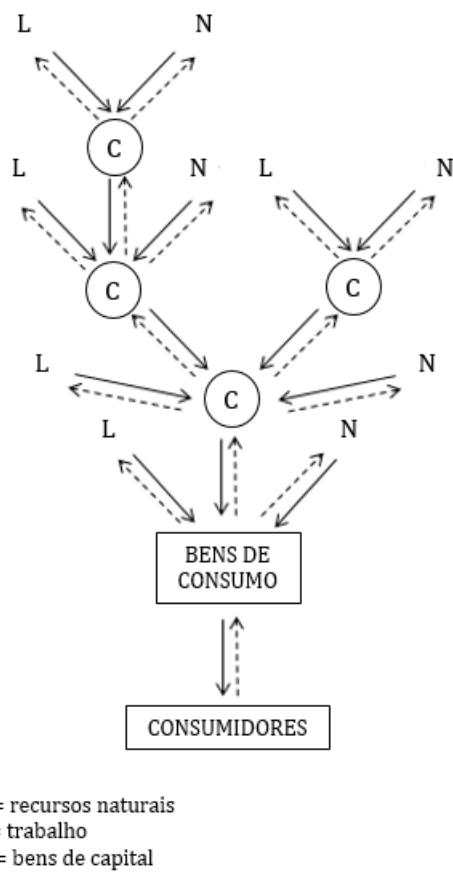
Conforme Soromenho (2012) e Huerta de Soto (2012), a movimentação da renda nessa estrutura produtiva ocorre ao longo do tempo, tanto diacronicamente (etapas em períodos de tempo sucessivos) como sincronicamente (etapas simultâneas do processo produtivo). Além disso, também pode-se identificar a poupança e o investimento em cada uma dessas etapas e a remuneração dos fatores originais de produção (trabalho e recursos naturais), bem como os juros e o lucro empresarial puro. Assim, devido à função empresarial, os empresários dedicam seus esforços e investimentos nas atividades que julgam obter os ganhos relativos mais elevados. É o fundamento microeconômico essencial para entender as modificações de tamanho e duração das etapas produtivas (HUERTA DE SOTO, 2012).

Esta representação permite a visão de desagregação da produção dentro das diferentes cadeias de produção que transformam fatores originais (trabalho e terra) em bens de consumo. A cadeia de produção, por sua vez, é decomposta em diferentes estágios de produção que são conectados através de fluxos físicos de bens e fluxos monetários. Cada estágio fornece bens de produção para alguma fase “a jusante” (ou seja, mais próxima do

consumo) e recebe pagamentos a partir desse estágio; a única exceção são os estágios mais próximos ao consumo, que entregam bens de consumo e recebem sua receita diretamente dos consumidores. Da mesma forma, cada estágio de produção recebe os serviços de bens de produção e de fatores originais de algum estágio “a montante” (mais afastado do consumo), pagando em dinheiro àquele estágio; a exceção aqui são os estágios que estão mais afastados do consumo, que recebem apenas os serviços originais e fazem pagamentos a seus proprietários.

Tentando seguir uma interpretação própria da estrutura de produção de uma economia, Rothbard (1962) representa esta estrutura utilizando um esquema de árvore, pressupondo uma causalidade linear - Figura 6.

Figura 6 – Representação da estrutura produtiva: estágios do processo de produção para o consumidor final



Fonte: Rothbard (1962, p. 208).

Para se produzir um bem de consumo, devem-se obter os serviços oriundos do trabalho e os serviços de recursos naturais e de capitais, a fim de usar a tecnologia disponível na produção do bem. Empurrando o problema para trás, vê-se que, para produzir um bem de capital, o produtor necessita de recursos naturais, de trabalho e de capital. Cada

um desses produtores individuais (ou grupo de indivíduos, em parceria) obtém os fatores necessários e, em seguida, dirigem a combinação de fatores na produção de um bem de capital. Este processo é repetido entre inúmeros indivíduos, até que o estágio mais baixo de produção é atingido e é produzido um bem de consumo final.

Para Hülsmann (2011) esta forma de representação pode provocar a seguinte objeção: no mundo real, muitas vezes, parece não haver tal causalidade linear. Na verdade, as ferramentas produzidas em estágios de produção próximas ao consumo poderiam ser usadas em etapas a montante. Por exemplo, martelos são usados não somente por consumidores e por empresas de encanamento que servem os consumidores, mas também por empresas de mineração e outros produtores situados a montante. Rothbard (1962) lida com essa objeção com a hipótese de unidade de serviço. O autor não identifica um estágio de produção com uma empresa, mas com a produção de unidades discretas de um bem, com apenas o auxílio das unidades de fatores produtivos que são necessárias para produzir as unidades do bem. Assim, a produção de um martelo para a mineração é situada em uma etapa a montante da mineração (mas a jusante da mineração que produziu o ferro necessário para fazer o martelo) e, portanto, mais longe do consumo final, ao passo que a produção de um martelo para canalizações está em um estágio mais perto do consumo.

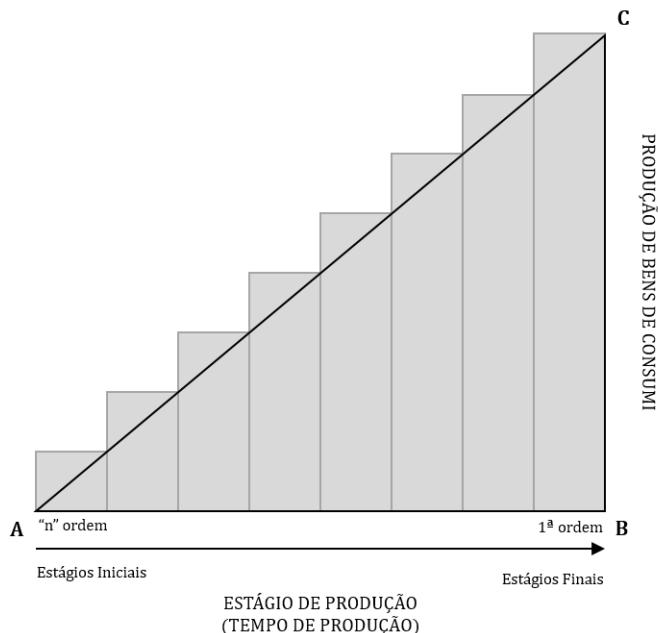
Garrison (2001) resgata os triângulos hayekianos, até então deixados de lado pela literatura. O autor representa a estrutura de produção como uma série de retângulos em que, da direita para a esquerda, evoluem dos bens de ordens menos elevadas (de consumo) para os de ordens mais elevadas (de capital). O eixo horizontal mensura o tempo envolvido na estrutura de produção e a altura de cada retângulo reflete o valor de produção em cada diferente estágio de produção – Figura 7.

Na Figura 7, o cateto AB representa a dimensão temporal, mensurada pelo número de estágios, admitindo-se que o número de estágios varia diretamente com o tempo da estrutura produtiva. O cateto BC representa a produção de bens de consumo e a hipotenusa AC, a função de produção. Os diversos estágios de produção em que se subdivide o cateto AB consistem de bens de capital circulante, medidos em termos de valor.

Hayek (1939) salientou a relevância da heterogeneidade do capital, identificando a importância de se entender a morfologia deste para poder fazer inferências sobre a relação investimentos e taxa de juros, o que foi desenvolvido posteriormente por Garrison (2001). Segundo Cunha (2016), Hayek (2007 (1941)) tentou desenvolver a teoria do capital a fim de representar a complexidade de sua estrutura de maneira rica, contudo os resultados não foram satisfatórios. Lachmann (1956) desenvolveu a análise de processos de mercado, sob a perspectiva da teoria do capital, focando das expectativas, do papel do tempo, do indeterminismo e da complexidade, na chamada fase Lachmann I, segundo Barbieri (2001)³.

³ Lachmann pode ser dividido em duas fases: Lachmann I, caracterizado por trabalhos na teoria do capital,

Figura 7 – Representação da estrutura produtiva: triângulos hayekianos reinterpretados



Fonte: Garrison (2001, p. 47).

Lachmann (1956), contudo, seguiu a característica principal da teoria do capital austriaca: o capital é heterogêneo, e não uma estoque homogêneo. Há, porém, dois tipos de heterogeneidade do capital: a física e a temporal. A heterogeneidade física é referente a heterogeneidade de uso, já que cada bem de capital pode ser empregado somente para um número limitado de propósitos. Como a produção de bens ocorre no tempo, a heterogeneidade temporal aparece fazendo com que cada bem de capital possa ser utilizado em apenas algumas fases do processo produtivo no tempo (BARBIERI, 2017a).

Cada bem é alocado ao que parece ser (para o seu proprietário) a função de melhor aplicação, em cada contexto. Com alteração das circunstâncias, modifica-se a escala de possibilidades de usos alternativos do bem, podendo acarretar em variações na posição deste bem na escala. Além da especificidades de uso do capital, há também complementariedade deste. Os bens de capital são empregados em conjunto, todavia, somente um certo número de combinações são tecnicamente possíveis e destas, apenas poucas são economicamente significativas.

Modificações não esperadas na conjuntura abre novas possibilidades de uso do capital, podendo gerar desintegração das combinações já existentes. Assim, não é possível medir o capital, já que seu valor é modificado a cada mudança inesperada. Lachmann (1956) salienta que apesar de não haver um denominador comum do capital, existe um e Lachmann II, com a forte marca do subjetivismo radical. Para ver mais sobre o tema sugere-se Barbieri (2001) e Grinder (1977).

critério de ordenação, que corresponde à ordem em que os recursos são rearranjados:

The elements of this pattern are the capital combinations of the various enterprises, and they in their totality form the capital structure of society. Entrepreneurial decisions on capital combinations are the immediate determinants of the Order of Capital, though, on a wider view, these decisions reflect, of course, the *complex interaction of economic forces* from which the entrepreneur takes his orientation. It will be our main task in this book to study the changes which this network of capital relationships, within firms and between firms, undergoes as the result of unexpected change. To this end we must regard the “stock of capital” not as a homogeneous aggregate but as a *structural pattern*. (LACHMANN, 1956, p. 4, *grifo nosso*).

O que é central para a EA é que o capital não é homogêneo: bens de capital não são substitutos perfeitos um para o outro. Os bens não são infinitamente substituíveis e nem todos têm a complementaridade necessária para fazer parte de qualquer plano de produção específico. Essa ênfase na heterogeneidade do capital distingue a teoria do capital austríaco de muitos de seus predecessores (HORWITZ, 2008).

3.3 Complexidade na análise da estrutura de capital: Hayek e Lachmann

Horwitz (2008) salienta a semelhança da teoria do capital de Hayek e Lachmann, como a ideia de complementariedade e estrutura. A natureza e limitações da ciência social estavam presentes na teoria do capital de ambos os autores, fazendo salientar a questão da impossibilidade de previsão, do papel das instituições sociais e a relação com a ação dos indivíduos, levando os autores à transitarem de uma análise formal clássica para uma “complexa”. Assim, aspectos típicos dos sistemas complexos são claramente evidentes nas estruturas de capital retratadas pelos autores (LEWIN, 2014).

A teoria do capital de Hayek (2007 (1941)), embora tivesse interpretações que conduzissem a análise do capital em um mundo dinâmico, não pode ser tratada como de fato “dinâmica”:

The problems that are raised by any attempt to analyze the dynamics of production are mainly problems connected with the interrelationships between the different parts of the elaborate structure of productive equipment which man has built to serve his needs. But all the essential differences between these parts were obscured by the general endeavor to subsume them under one comprehensive definition of the stock of capital. The fact that this stock of capital is not an amorphous mass but possesses a definite structure, that it is organized in a definite way, and that its composition of essentially different items is much more important than its aggregate “quantity”, was systematically disregarded (HAYEK, 2007 (1941), p. 6).

Capital, para Hayek, era uma questão de explicar uma estrutura ou um padrão ordenado de eventos, em que esses episódios individuais apresentavam relações particulares entre si, de modo que a combinação destes produzisse o padrão observado. Horwitz (2008) identifica como fonte do pensamento de complexidade de Hayek o trabalho desenvolvido pelo autor a partir do final dos anos 1930, que culmina no livro *Sensory Order* (Hayek (2017 (1952))). Para Horwitz (2008), a semelhança entre a teoria austríaca do capital e o trabalho hayekiano de cognição é impressionante, marcada pelas ideias subjacentes de função, complementariedade e estrutura⁴.

Para Vaughn (1999) a cataláxia de Hayek era um sistema complexo adaptativo, o que é aceito por outros autores como Rosser (1999), Caldwell (2008), Markose (2005), Gaus (2006), Velupillai (2007), Koppl et al. (2009), Colander (2009), Lewis (2012). Caldwell (2008), por sua vez, argumenta que Hayek nunca desenvolveu uma teoria plena da complexidade. Já para Rosser (1999), Hayek desenvolveu antecipada e independentemente a teoria da complexidade de forma similar como é tratada pela atual literatura, muito embora sem a tecnologia computacional aplicada.

Hayek (1967) define complexidade como:

[...] the minimum number of elements of which an instance of the pattern must consist in order to exhibit all the characteristic attributes of that class of patterns in question [...] the minimum number of distinct variables a formula or model must possess in order to reproduce the characteristic patterns of structures of different fields (or to exhibit the general laws which these structures obey (HAYEK, 2014 (1964), p. 255–256).

Para Gaus (2006) os escritos de Hayek também apresentaram muitas das ideias que mais tarde foram cristalizados em teoria da complexidade, sendo ela construída sobre sete elementos principais, a maioria dos quais são parte de análises atuais da complexidade social. Fenômenos complexos exibindo padrões abstratos compostos de um grande número de variáveis, é um dos elementos apontados por Hayek (2014 (1964)). O segundo item sinaliza as propriedades emergentes⁵, fazendo com que sistemas complexos surjam por intermédio da natureza das interações dos elementos:

When the character of the structures showing it depends not only on the properties of the individual elements of which they are composed, and the relative frequency with which they occur, but also on the manner in

⁴ Horwitz (2008) identifica a análise de Hayek (2017 (1952)) no formato de um sistemas adaptativos, como McQuade e Butos (2005), e aplica esta leitura à teoria austríaca do capital de Hayek (2007 (1941)).

⁵ “The ‘emergence’ of ‘new’ patterns as a result of the increase in the number of elements between which simple relations exist, means that this larger structure as a whole will possess certain general or abstract features which will recur independently of the particular values of the individual data, so long as the general structure (as described, e.g., by an algebraic equation) is preserved. Such ‘wholes’, defined in terms of certain general properties of their structure, will constitute distinctive objects of explanation for a theory, even though such a theory may be merely a particular way of fitting together statements about the relation between individual elements.”(HAYEK, 1967, p. 336).

which the individual elements are connected with each other (HAYEK, 2014 (1975), p. 365).

Nesse segundo elemento, Gaus (2006) assinala que o principal é o padrão de relações que se dá entre as partes, sendo este emergente não de uma pequena amostra das unidades individuais, mas do todo. O terceiro ponto é sobre os sistemas complexos poderem ser fortemente conectados, fazendo com que a ordem do sistema dependa de uma série de fatores, tornando o comportamento deste tipo de sistema de difícil previsão, o que Hayek (1967) chamou de inflação de erro, também conhecido como efeito borboleta⁶. No quarto tópico encontra-se a capacidade do sistema complexo, que Hayek (1973) chamou de automanutenção, ou seja, de persistir e responder a alterações internas e externas ao sistema. O quinto elemento traz o fato dos sistemas complexos se moverem em direção ao equilíbrio, embora, para Hayek (1948), não se tenha como medir quão próximo ao equilíbrio o sistema está, nem há evidências de que nunca estará. O sexto item traz que sistemas complexos são dinâmicos, que há sempre fatores desconhecidos e novos. O sétimo e último ponto é sobre a impossibilidade de haver um controlador global de todas as interações em um sistema complexo.

Segundo Barbieri (2017a) a complexidade que surge em Hayek ao tratar do conceito de ordens espontâneas, aparece em Lachmann (1956) através do conceito de heterogeneidade dos bens de capital. Para Hayek a ação de um indivíduo está em equilíbrio em relação à outra se estas fizerem parte do mesmo plano, sendo compatíveis entre si. Enquanto o conhecimento deste indivíduo, baseado nos dados subjetivos (dele próprio) não se alterar, o equilíbrio permanece. Havendo mudança, as ações tornam-se incompatíveis e os planos são revistos. Porém, este equilíbrio é definido em termos de planos individuais, quando a ideia é estendida para o mercado, o plano deve considerar as ações dos demais indivíduos, fazendo com que os “dados subjetivos” passem a ser “externos”, tornando a compatibilidade dos planos algo não trivial. O equilíbrio, assim, passa a ser dependente do “conhecimento dos agentes e da relação entre este conhecimento e a realidade subjacente.” (BARBIERI, 2001, p. 20).

Em Lachmann (1956) o conceito de capital passa a ser visto como uma estrutura complexa em que os vários recursos de capital possuem diferentes funções (funcionalmente diferenciada), que ocorrem em contexto de mudanças, muitas delas inesperadas. Assim, a estrutura de conexões entre bens de capital formam um padrão definido em termos da previsão dos agentes sobre as mudanças, tanto nas ações dos outros indivíduos, como nos elementos da estrutura do capital. O autor distingue as mudanças consistentes das inconsistentes, chamadas de desajustes estruturais. Porém, nesta fase do autor, ele acredita que exita a preponderância das forças equilibradoras, fazendo com que o capital apresente

⁶ Um pequeno erro na previsão de uma variável pode causar erros gigantescos na previsão do sistema como um todo (do padrão do sistema). Ver Smith (1998).

uma tendência de integração. O que determina esta estrutura são os vários planos de produção individuais que definem o uso/alocaçāo de cada bem de capital. As forças de mercado fazem com que emerja uma rede de planos que determina o padrāo de uso de capital: “The market compels the readjustment of those production plans which are inconsistent with either consumers’ plans or other production plans.” (LACHMANN, 1956, p. 10).

Depois de analisar como a estrutura de capital se modifica, gerando compatibilidade entre suas partes, passa-se para como essa estrutura se desenvolve em direção a uma maior complexidade no cenário de crescimento. A representação simplificada de Böhm-Bawerk (1986 (1909)) em termos de etapas de produção (figura 4) é substituída por uma interpretação que preserva o espírito de sua teoria. Lachmann acreditava que o conceito de tempo médio de produção, uso do tempo como unidade de medida para o estoque de capital, de Böhm-Bawerk (1986 (1909)) era errôneo, porém a sua visão sobre as fontes do progresso econômico estava correta (LEWIN, 1996).

Lachmann (1956) traça um paralelo entre a divisão do trabalho de Smith (2009 (1776)) e a divisão de capital de Böhm-Bawerk (1986 (1909)). O autor salienta que ambos construíram suas análise em uma ideia de mundo não estacionária, porém não totalmente dinâmica. Para Smith (2009 (1776)) a divisão do trabalho era principal fonte de progresso técnico, assim como a divisão do capital para Böhm-Bawerk (1986 (1909)). O crescimento do capital leva a sua maior especialização, com novas combinações, evoluindo para maior complexidade. Desta forma, mais estágios de produção são criados, permitindo o uso de recursos indivisíveis:

As capital accumulates there takes place a “division of capital”, a specialization of individual capital items, which enables us to resist the law of diminishing returns. As capital becomes more plentiful its accumulation does not take the form of multiplication of existing items, but that of a change in the composition of capital combinations. Some items will not be increased at all while entirely new ones will appear on the stage [...] The capital structure will thus change since the capital coefficients change, almost certainly towards a higher degree of complexity, i.e. more types of capital items will now be included in the combinations. The new items, which either did not exist or were not used before, will mostly be of an indivisible character. Complementarity plus indivisibility are the essence of the matter [...] Economic progress thus requires a continuously changing composition of the social capital. The new indivisibilities account for the increasing returns (LACHMANN, 1956, p. 79–80).

Lachmann (1956) interpreta o aumento dos anéis da figura 4 utilizando da noção de “grau de complexidade”, dispensando a ideia de “período de produção”. Contudo, para o autor, o aumento da complexidade da estrutura de capital implicaria na ampliação da vulnerabilidade, como desproporcionais e desajustes da estrutura de capital. A

ampliação dos estágios de produção, por sua vez, estaria limitada pela extensão do mercado, através da complementariedade dos bens de capital⁷ (LEWIN, 1996).

A partir da noção dos estágios de produção, da complementariedade e dos diferentes planos de combinações de capital, Lewin (2014, p. 182) interpreta a complexidade daí resultante como a interação entre elementos (bens de capital) em uma rede cada vez mais densa de ligações de produção: “a progressively expanding network of complicated, multilevel mutual dependencies between increasingly specialized elements”. Porém, para Lachmann, quanto mais complexa esta estrutura, mais complexas são as diferentes expectativas dos indivíduos. A formação de expectativas é um momento dentro do processo de acumulação de conhecimento. Em um mundo dinâmico de mudanças inesperadas, as expectativas são constantemente frustradas, implicando em erros⁸.

Para Lachmann, o surgimento e evolução de instituições atuariam na coordenação de expectativas. A Bolsa de Valores teria um papel agregador na coordenação das expectativas divergentes, considerando que a importância dos bens de capital não está na qualidade física deste, mas sim no encadeamento de serviços decorrentes:

Among these institutions forward markets and the Stock Exchange call for our particular attention [...] In reality forward trading is usually limited to a small number of commodities, and even trading in these is as a rule confined to a few future dates (three months, six months, twelve months ahead). The Stock Exchange, on the other hand, offers an instance of trading in 'continuous futures'. If I buy a share I buy not merely this year's dividend and next year's dividend but, in principle, an infinite and continuous series of dividends, a 'yield stream'. In buying it I thus express explicitly a series of expectations about dividends, and implicitly an expectation about the future yield from other assets I might have bought instead. To the extent to which my action has an effect on the price of the share, and unless of course this effect is offset by somebody else's sale at the former price, the series of my expectations becomes manifest in the price change. Every purchase or sale which modifies a price conveys to the market knowledge about somebody's expectations (LACHMANN, 1956, p. 67–68).

A Bolsa de Valores funcionaria como facilitadora da troca de conhecimento, tornando as expectativas dos indivíduos mais consistentes entre si, já que haveriam perduráveis mudanças de capital decorrentes da constante reavaliação dos fluxos de rendimentos, gerando progresso econômico. Da mesma maneira dos bens de capital, o mercado de ativos também não é a imagem do caos, existindo uma estrutura de ativos. Na análise

⁷ Esta análise é análoga ao limite da divisão do trabalho de Smith (2009 (1776)), apresentada na Introdução.

⁸ A noção de expectativas em Lachmann é um grande ponto para ser analisado. A evolução deste conceito ao longo da trajetória do autor reflete a passagem de um teoria em que forças equilibradores são preponderantes - Lachmann I - para a de subjetivismo radical, sob influência de Shackle (2017 (1972)), com a utilização do conceito de expectativas divergentes, substituindo a ideia de mudanças contínuas por visão de modificações abruptas - metáfora do caleidoscópio. Para mais informações ver Lewin (1996), Barbieri (2001) Barbieri (2017b), Barbieri (2017a).

de praxeológica lachmanniana, os ativos são instrumentos da ação humana e as relações estruturais entre estes ativos são os meios para a transmissão do conhecimento⁹.

Lachmann (1956) distingue bens de capital físicos (ativos operacionais), dos valores mobiliários (dinheiro que complementa os ativos operacionais) e, assim, os títulos de controle da produção dos recebedores de dividendos. As combinações de capital representam uma parte da estrutura de ativos da empresa. A cada momento a complementariedade dos bens de capital físicos é determinada pela estrutura dos detentores dos títulos de controle da produção, ou seja, da estrutura de preferência de ativos destes. A estrutura dos ativos reflete o conhecimento adquirido e as expectativas existentes. Com alteração das expectativas, as preferências dos ativos mudam, como na estrutura dos bens de capital.

Os ativos operacionais também são particularizados em ativos de primeira linha, ativos de segunda linha e ativos de reserva. Os ativos de primeira linha seriam os bens de capital, que prestam serviços desde o início do plano de produção. Os ativos de segunda linha, por sua vez, são ativos que entram em operação em algum ponto definido durante o plano de produção. Os ativos de reserva servem como contingência e não tem período definido para entrar no plano, servindo de suporte para momentos de fracasso destes. Esses três tipos de ativos compõem a estrutura do plano, que se refere às complementariedades tecnológicas e possibilidades de substituição entre os bens de capital do plano de produção (ANDERSSON, 2008).

Neste contexto, Lachmann (1956) assinala três tipos de estrutura que são interdependentes: (i) *estrutura do plano* baseada em complementariedade técnica; (ii) *estrutura de controle*; e (iii) *estrutura do portfólio*, apoiada na preferência dos ativos dos indivíduos. A estrutura de controle de uma empresa é a estrutura dos direitos de propriedade dos vários bens de capital na estrutura do plano, incluindo o dinheiro, considerando os vários modos de relação entre dívida e capital próprio (“alta” ou “baixa velocidade” do capital da empresa). Lachmann (1956) acredita ser importante classificar os títulos apenas com respeito ao direito a renda e os que incorporam participação no controle. Para ele, mesmo na estrutura moderna da governança corporativa existe o elo entre propriedade e controle¹⁰.

⁹ Barbieri (2017a) aponta que Lachmann (1988) passa a nega que os mercados especulativos possam ser descritos como processos de descobertas hayekianos. A grande questão é que não há difusão das expectativas como há de conhecimento por não existir um critério *ex ante* de sucesso.

¹⁰ Lachmann (1956) discute a questão de propriedade e controle sob o foco de tomada de decisão. Para ele, quem decide sobre a ação é ativo, assim como quem cria as condições para tomar a decisão de agir. O gerente e o dono do capital são ativos em esferas distintas, porém inter-relacionadas. Os planos dos gerentes se dão sobre os ativos operacionais, dirigindo-os e reagrupando-os conforme os planos tem sucesso ou fracasso. Os planos do proprietário do capital dizem respeito aos títulos. As decisões do gerente determinam o escopo das operações do proprietário, da mesma forma de as decisões do proprietário determinam as do gerente: “We might then distinguish between the capitalist-entrepreneur and the manager-entrepreneur. The only significant difference between the two lies in that the specifying and modifying decisions of the manager presuppose and are consequent upon the decisions of the capitalist. If we like, we may say that the latter's decisions are of a 'higher order' [...] All these decisions are specifying decisions. In principle, there is no difference between them, and there seems little point in drawing dividing lines between those who make them. It is only when we realize what the heterogeneity of capital means that we come to understand

Os proprietários de uma empresa expressam uma preferência ao deter seus ativos, fazendo com que a compra de ações gere o terceiro tipo de estrutura.

Ganhos e perdas de capital refletem, dentro da estrutura do portfólio, os sucesso e os fracassos dos planos de produção, modificando a própria estrutura da carteira, afetando os valores relativos dos componentes de investimento destas. Esta estrutura é determinada pela preferência relativa por diferentes ativos que, por sua vez, refletem outros resultados econômicos e a interpretação de seus proprietários. Lachmann (1956, p. 95) conclui, assim, que os processos que envolvem a transmissão de conhecimento trazem consistência aos elementos da estrutura de ativos, modificando a estrutura de controle e a composição do portfólio: “In these processes revaluation of securities by the market plays a vital part. Capital gains and losses are changes in asset values reflecting changes in other elements of the asset structure.”.

Nesta linha, para Dempster (2015) os princípios básicos de uma teoria austríaca das finanças podem ser sumariados: (i) no reconhecimento do empresário capitalista como principal diretor de recursos para os seus fins mais valiosos; e (ii) no papel associado das empresas em fornecer um menu de opções, explorando maneiras de quais recursos heterogêneos podem ser empregados para uma variedade de bens e serviços potenciais e reais. Como corolários, surgem dois elementos adicionais que impactam em (i) e (ii): (iii) instituições jurídicas, sociais e políticas; (iv) ações de grandes *players* no mercado financeiro sobre os processos que se traduzem nas decisões de investimento empresariais relativas à produção de bens e serviços.

Existe, assim, uma série de fatores institucionais e extra-mercados que podem influenciar os retornos do capital, alterando o padrão de investimento comercial e financeiro com base em modificações dos incentivos. Dentre as influências identificadas e exploradas pelos teóricos austríacos, destacam-se os *big players* que afetam diretamente o processo de poupança e investimento, por meio da manipulação das instituições jurídicas, sociais e políticas que governam as trocas nos mercados. A formação das expectativas é direcionada para a determinação do que os grande jogadores irão fazer, ao invés dos fundamentos do mercado subjacentes que refletem resultados de investimento de longo prazo. Contudo, ser grande, apenas, não define um *big player*, é necessária a capacidade de influenciar o mercado e ser imune a pressões competitivas. Um *big player* é alguém que habitualmente exerce poder discricionário para influenciar o mercado, enquanto ele próprio permanece totalmente ou em grande parte imune à disciplina do lucro e da perda (KOPPL, 2002). Segundo Koppl e Yeager (1996), a política discricionária, por exemplo, pode ser a fonte de uma instabilidade considerável, particularmente nos mercados financeiros.

Para Lewin (2014) a teoria de capital de Lachmann poder ser vista como uma teoria de progresso que pode ser alcançado através de uma contínua especialização das *what an entrepreneur is and does.*” (LACHMANN, 1956, p. 99).

atividades econômicas e uma divisão crescente das funções. Barbieri (2017a, p. 6) enfatiza que Lachmann reproduz algumas ideias hayekianas, assumindo que fora do equilíbrio o valor dos bens de capital dependerá das diferentes expectativas dos agentes e a existência de um mecanismo de seleção que leva a convergência destas expectativas: “The elements that mark theorizing about spontaneous orders in the Hayekian tradition are thus present: fallible disperse knowledge and complexity of reality to which this knowledge refers.”.

4 Considerações finais

A construção de uma teoria que explique como uma ordem complexa emerge espontaneamente da interação de elementos simples é de suma importância para a teoria econômica. Qualquer teoria proposta para resolver esse problema não pode assumir um elemento externo que controla o sistema de fora: a explicação deve ser de baixo para cima, a partir de elementos simples para a própria estrutura complexa. Isto leva ao dilema metodológico apresentado: simplificações drásticas são criticadas por sua falta de realismo, mas se considerar a riqueza de diferentes aspectos de um fenômeno, leva-se a uma massa de dados que desafia a compreensão.

Segundo Cunha (2016), Hayek (2007 (1941)) tentou desenvolver a teoria do capital a fim de representar a complexidade de sua estrutura de maneira rica, contudo os resultados não foram satisfatórios, demonstrando a grande dificuldade desta tarefa. Mais tarde o autor desenvolveu trabalhos na teoria da complexidade e o sistema cognitivos que hoje são lidos como sistemas adaptativos, com conceitos similares aos utilizados pela teoria da cibernetica¹. Lachmann (1956) também desenvolveu a teoria do capital com este intuito, trazendo mais elementos, porém posteriormente se direcionou ao subjetivismo radical.

A estrutura de capital pode ser analisada tanto pela ótica da produção como da organização financeira. Em ambas as visões o conhecimento dos agentes e a realidade subjacente influência a organização da estrutura. Analisar o compartilhamento do conhecimento nas atividades produtivas, bem como a organização do capital disposta por meio dos seus proprietários e controladores, sob influência de grandes *players* é fundamental. Esse importante caminho de pesquisa é traçado pela abordagem da complexidade e da Escola Austríaca, em conjunto, já que aspectos importantes do padrão de conexões entre os elementos da estrutura de capital austríaca podem ser representados pela teoria de redes.

¹ Ver mais em Oliva (2016), Lewis (2016) e McQuade e Butos (2005).

Parte II

Estrutura Produtiva

5 Introdução

Esta parte do trabalho é apresenta um estudo sobre a estrutura produtiva da economia brasileira e a sua complexidade, através da teoria de redes complexas. O objetivo é caracterizar a estrutura produtiva brasileira através da teoria de redes, inserindo os conceitos de complexidade. Busca-se aqui analisar como a estrutura produtiva brasileira está organizada internamente, a partir de uma rede de conhecimento, caracterizada pelas ocupações (tipos de trabalho). A ideia é que é mais fácil transitar de uma atividade produtiva para a outra se estas têm uma base em comum, no caso o tipo de ocupação empregada.

Hausmann (2016) utiliza como ilustração o exemplo de macacos em uma floresta: ao colonizar uma floresta, macacos saltam de uma árvore para ocupar a árvore vizinha. A distância entre as árvores da floresta, ou seja, das atividades produtivas, está relacionada com a semelhança das capacidades de que necessitam. Os macacos tendem a saltar para árvores mais próximas, já que saltar para árvores muito distantes exigem muitos recursos que eles não dispõem:

Think of a product as a tree and the set of all products as a forest. A country is composed of a collection of firms, i.e. of monkeys that live on different trees and exploit those products. The process of growth implies moving from a poorer part of the forest, where trees have little fruit, to better parts of the forest. This implies that monkeys would have to jump distances, i.e. redeploy (human, physical and institutional) capital towards goods that are different from those currently under production. Traditional growth theory assumes there is always a tree within reach; hence the structure of this forest is unimportant. However, if this forest is heterogeneous, with some dense areas and other more deserted ones, and monkeys can jump limited distances, then countries may be unable to move through the product space. If this is the case, the structure of this space and a country's orientation within it become of great importance to the development of countries. (HIDALGO, 2008, p. 65-66).

Hidalgo et al. (2007) constataram que os países enfrentam possibilidades diferentes de desenvolvimento: países pobres tendem a se localizar na periferia do espaço-produto, com produtos menos complexos, dificultando o seu movimento no sentido de novos produtos, criando um conjunto de opções de desenvolvimento subjacente à atual produção. A literatura traz que países mais pobres, como o caso do Brasil, tendem a se especializar em atividade e produtos de trabalho não qualificado, prejudicando sua caminhada no espaço-produto às atividades de maior complexidade, que aumentariam o nível de renda do país (PIETRONERO; CRISTELLI; TACCELLA, 2013; CRISTELLI et al., 2013; HAUSMANN et al., 2014).

Smith (2009 (1776)) trouxe a ideia de que a riqueza das nações era oriunda da divisão do trabalho. Para Hausmann et al. (2014), uma reinterpretação moderna desta ideia consiste em considerar que a divisão do trabalho permite aceder a uma quantidade de conhecimento que nenhum de nós seria capaz de realizar individualmente.

Para Hausmann (2016) o desenvolvimento econômico depende da acumulação de *know-how*, apesar da teoria de crescimento econômico apenas ter enfatizado a importância do chamado progresso técnico, como o modelo de Solow (1956). O autor enfatiza que, na verdade, o progresso técnico se embasa em três aspectos: materiais e conhecimento incorporado, projetos e conhecimento codificado e conhecimento tácito ou *know-how*. Enquanto os dois primeiros segmentos podem ser mais facilmente utilizados em diferentes áreas, *know-how* é de difícil readaptação, fazendo com que o crescimento de *know-how* seja uma restrição efetiva no processo de desenvolvimento. Transferir conhecimento tácito é mais difícil e, em geral, leva mais tempo do que o conhecimento objetivo. Assim, para Hausmann (2016), *know-how* só pode crescer em um aspecto geral, de grupo, através da crescente especialização dos indivíduos, já que estes têm uma capacidade limitada para adquirir conhecimento:

Adam Smith's pin factory required increased specialisation of tasks; the same specialisation is required of knowhow. As economic development proceeds, societies acquire the capabilities to make more and more complex products. This means that the other side of the coin of individual specialisation is the fact that production requires teamwork and co-operation among larger and larger numbers of people [...] It is a characteristic of developed economies that they have the know-how to make such complex products. Indeed development may be seen as exactly the acquisition of more and more know-how together with the arrangements to combine and recombine it to make complex products. Think of units of capability as elements of practical knowledge. The more such capabilities a society has, the richer it can be (HAUSMANN, 2016, p. 13).

Desta forma, o acúmulo de *know-how* para um determinado grupo de indivíduos exige redes de colaboração cada vez maiores, convertendo *know-how* em uma maior variedade e complexidade de produção. Para Hausmann et al. (2014), a complexidade de uma economia está relacionada com a multiplicidade de conhecimento incorporado nela. A complexidade econômica reflete, então, a quantidade de conhecimento que está incorporado na estrutura produtiva da economia.

Com base nos estudos citados, alguns fatos estilizados são levantados: (i) as capacidades determinam a diversificação da estrutura produtiva e, portanto, das oportunidades de desenvolvimento; (ii) a especialização no nível pessoal resulta em diversificação no nível regional, isto é, a especialização no nível micro resulta na diversificação do nível macro; (iii) os países em desenvolvimento empregam mais trabalhadores nos setores manufatureiros e serviços sofisticados e possuem uma estrutura de produção mais complexa; (iv) os países subdesenvolvidos não foram capazes de construir uma estrutura produtiva complexa e

encontrar dificuldades para treinar e empregar trabalhadores em setores sofisticados de empregos e serviços.

A contribuição para esta literatura é analisar a estrutura produtiva através das interconexões entre atividades produtivas, destacando padrões complexos entre elas. Para tanto, a metodologia de redes para analisar a complexidade da estrutura produtiva, parece ser uma ferramenta apropriada. A pesquisa sobre a estrutura produtiva no contexto do compartilhamento ocupacional é imperativa para entender as oportunidades futuras de desenvolvimento e crescimento no Brasil, bem como os obstáculos que a economia brasileira enfrenta.

Para tanto, o próximo capítulo apresentará a aplicação de redes à estrutura produtiva brasileira com base na ideia de relação de atividades produtivas e tipos de trabalho (ocupações como *proxy* para *know-how*). Primeiramente uma breve revisão da literatura sobre o tema e algumas questões sobre a estrutura brasileira são levantadas, seguindo pela apresentação da metodologia aplicada e análise de resultados. As considerações finais encerram este capítulo.

6 Estrutura de Produção: aplicação de redes complexas

6.1 Análise da estrutura produtiva

Hidalgo (2008), ao questionar se o tipo de produto exportado por um país afeta seu desempenho econômico futuro, alega que a industrialização cria benefícios do tipo *spill-over*. Este fato, que a teoria convencional tem sido incapaz de incorporar, traz duas abordagens: (i) enfatiza que proporção relativa entre os fatores produtivos é determinante; países pobres se especializam em trabalho não qualificado e países ricos se especializam em mercadorias que necessitam de fatores produtivos superiores, como determinadas instituições, infraestrutura, capital físico e humano¹; (ii) salienta as diferenças tecnológicas como determinante da especialização, como os modelos de escalas de qualidade que assume que há apenas um produto ou grupo de produtivos mais avançado tecnologicamente que o país pode desenvolver-se². O autor sugere uma nova forma de pensar sobre a questão da especialização e as consequências no desenvolvimento econômico.

Hidalgo et al. (2007) e Hidalgo (2008) propõem analisar este espaço de produção através de uma rede em que os vértices são produtos. O autor salienta que na teoria há vários fatores que podem gerar aproximação entre os produto³, porém seu trabalho assume uma abordagem agnóstica, fundamentada em resultados embasados na ideia de que dois produtos estão relacionados se eles exigem semelhantes instituições, fatores físicos, tecnológicos e outros. Essa medida de proximidade traz a ideia de que a capacidade de um país produzir um produto depende da sua capacidade de produzir outros produtos⁴.

Na Figura 8 a rede espaço-produto é apresentada. Nela, as ligações são codificadas por cores conforme o seu valor de proximidade e o tamanho dos vértices é proporcional ao comércio mundial (indicados na legenda lateral).

Ao estudar essa rede do espaço produto, Hidalgo et al. (2007) encontraram que

¹ Ver Heckscher e Ohlin (1991).

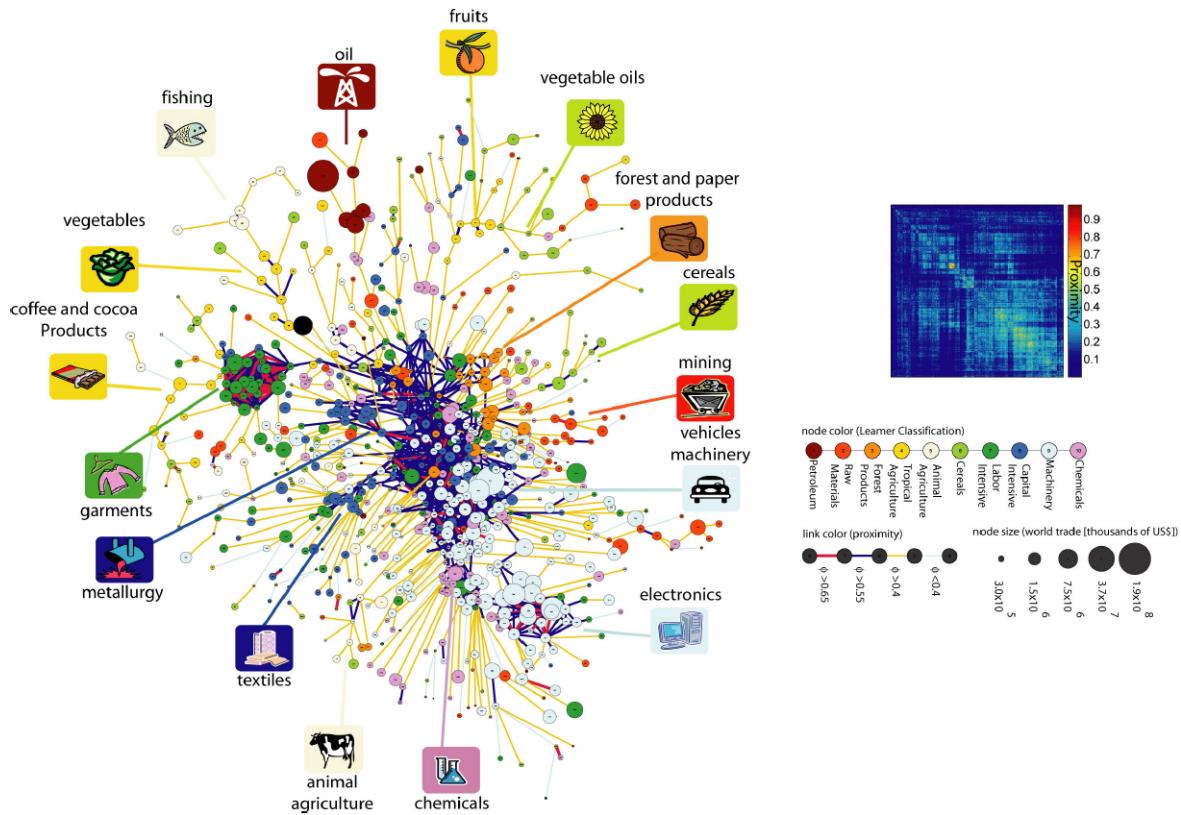
² Ver Romer (1986), Grossman e Hart (1988) e Aghion e Bolton (1992).

³ Leamer (1984) enfatiza a intensidade do trabalho, da terra e do capital; Caballero e Jaffe (1993) e Lall (2000) o nível de sofisticação tecnológica; Dietzenbacher e Lahr (2001) as entradas ou saídas da cadeia de valor de um produto; Acemoglu, Johnson e Robinson (2001) e Rodrik, Subramanian e Trebbi (2004) as instituições necessárias.

⁴ Hidalgo (2008) define a proximidade φ entre os produtos i e j como o mínimo do par de probabilidades condicionais de um país exportar um bem dado que exporta outro: $\varphi = \min\{P(RCA_{x_i}|RCA_{x_j}), P(RCA_{x_j}|RCA_{x_i})\}$, em que RCA significa vantagem comparativa revelada.

A vantagem comparativa revelada é dada por: $RCA_{i,j} = \frac{x(c,i)\sum_{x,j} x(c,i)}{\sum_i x(c,i)\sum_c x(c,i)}$, que mede se um país c exporta mais do bem i , em percentagem do total das suas exportações, do que um país “médio” ($RCA \leq 1$) ou não ($RCA < 1$).

Figura 8 – Rede espaço-produto: proximidade entre produtos



Fonte: Hidalgo et al. (2007, p. 53).

produtos mais sofisticados estão localizados dentro de um núcleo densamente conectado, enquanto produtos menos sofisticados ocupam a periferia menos conectada. O núcleo é formado por produtos metálicos, máquinas e produtos químicos, enquanto a periferia é formada pelo resto das classes de produtos – no topo da periferia estão os produtos que pertencem a pesca, animal, tropical e da agricultura cereal. À esquerda há um forte agrupamento formado por peças de vestuário e outra pertencente aos têxteis, seguido por um segundo grupo de animais e agricultura. Na parte inferior da rede existe um grande aglomerado eletrônico e mineração seguido de produtos florestais e de papel.

Outro resultado interessante dos autores é que os países se movem no espaço-produto através do incremento de produtos próximos daqueles já produzidos. Se o espaço-produto é suficientemente conectado, então todos os países podem chegar aos produtos do núcleo mais facilmente, já se não possuem muitas ligações alguns países podem apresentar dificuldades (lembrando da floresta e dos macacos). A incapacidade de uma mudança estrutural que permita realizar estas conexões, aproximando os produtos, pode ser uma explicação para as dificuldades de alguns países em convergir para o nível de renda de países mais ricos⁵.

⁵ A opção dos autores foi calcular o tamanho do maior componente conexo. Mostram que quando a proximidade é de $\varphi \geq 0,6$, o maior componente conexo é insignificante, enquanto para $\varphi \leq 0,3$ o espaço

Hidalgo e Hausmann (2009) apresentam uma visão de crescimento e desenvolvimento econômico que atribui um papel central à complexidade da economia de um país, através da interpretação de dados comerciais como uma rede bipartida na qual os países estão ligados aos produtos que exportam. Os autores mostraram que é possível quantificar a complexidade da economia de um país através do Índice de Complexidade Econômica (*Economic Complexity Index – ECI*). O ECI mede o conhecimento de uma economia, traduzido pelos produtos que ela faz. classifica as exportações de um país de acordo com a sua diversidade (quantos produtos um determinado país produz) e com a ubiquidade (número de países que produzem este produto). A complexidade econômica de um país depende da quantidade de produtos complexos exportados e de quantos países também exportam estes produtos. Além disso, os autores mostraram que as medidas de complexidade estão correlacionadas com o nível de renda de um país e que os desvios dessa relação são preditivos do crescimento. Isso indica que os esforços de desenvolvimento devem se concentrar na geração de condições que permitam que a complexidade surja, gerando crescimento e prosperidade sustentáveis.

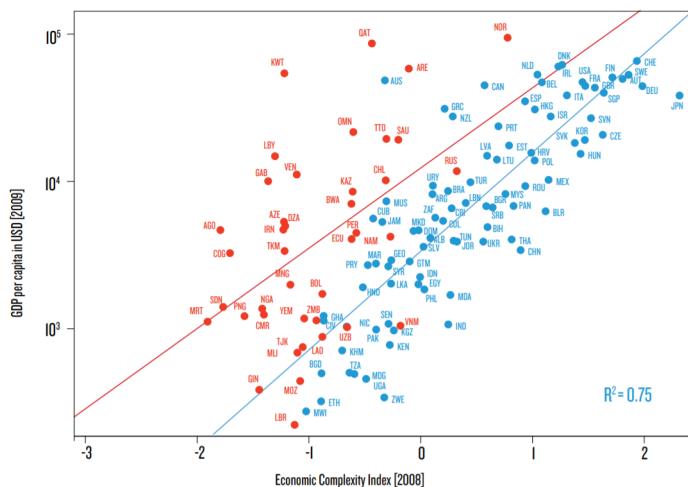
Para Hausmann et al. (2014) a complexidade de uma economia está relacionada com a multiplicidade de conhecimento útil incorporado nela. A complexidade econômica reflete, então, a quantidade de conhecimento que está incorporado na estrutura produtiva da economia. Visto desta forma, não é por acaso que há uma forte correlação entre as medidas de complexidade econômica construídas pelos autores e a renda per capita dos países analisados. A complexidade econômica, portanto, está relacionada ao nível de prosperidade de um país, como se vê na Figura 9.

A relação entre renda e complexidade que os autores encontraram é aprofundada: países cuja complexidade econômica é maior do que aquilo que seria de esperar, dado o seu nível de renda, tendem a crescer mais rapidamente do que aqueles que são “muito ricos” para seu atual nível de complexidade econômica. Neste sentido, a complexidade econômica não é apenas um sintoma ou uma expressão da prosperidade, é um indicador.

Pietronero, Cristelli e Tacchella (2013) defendem que análise de sistemas complexos oferecem novas oportunidades de mapear empiricamente a tecnologia e a capacidade dos países e setores industriais, de analisar a suas estruturas e de entender as dinâmicas destas economias. O crescimento econômico, neste contexto, pode ser entendido como processos evolutivos das tecnologias e das capacidades. Os autores concluem que a diversificação da pauta de produção e exportação é realmente importante para o crescimento de um país ou região. A especialização em certos produtos pode ter um efeito de liderança importante em uma situação estática, mas em um mercado dinâmico como é o globalizado, a flexibilidade e a adaptabilidade da produção são essenciais para a competitividade e para o crescimento

produto está quase que completamente conectado, o que significa que há quase sempre um caminho entre dois produtos diferentes.

Figura 9 – Índice de complexidade e renda *per capita*



Fonte: Hausmann et al. (2014, p. 28).

Nota: países em vermelho têm exportações de recursos naturais maiores do que 10% e países em azul têm exportações de recursos naturais são inferiores a 10%.

econômico. Para os autores, os novos métodos de mensurar a complexidade a partir da análise de redes dão contribuições significativas, podendo estender a análise para a análise de risco, de oportunidades de investimento e de política industrial.

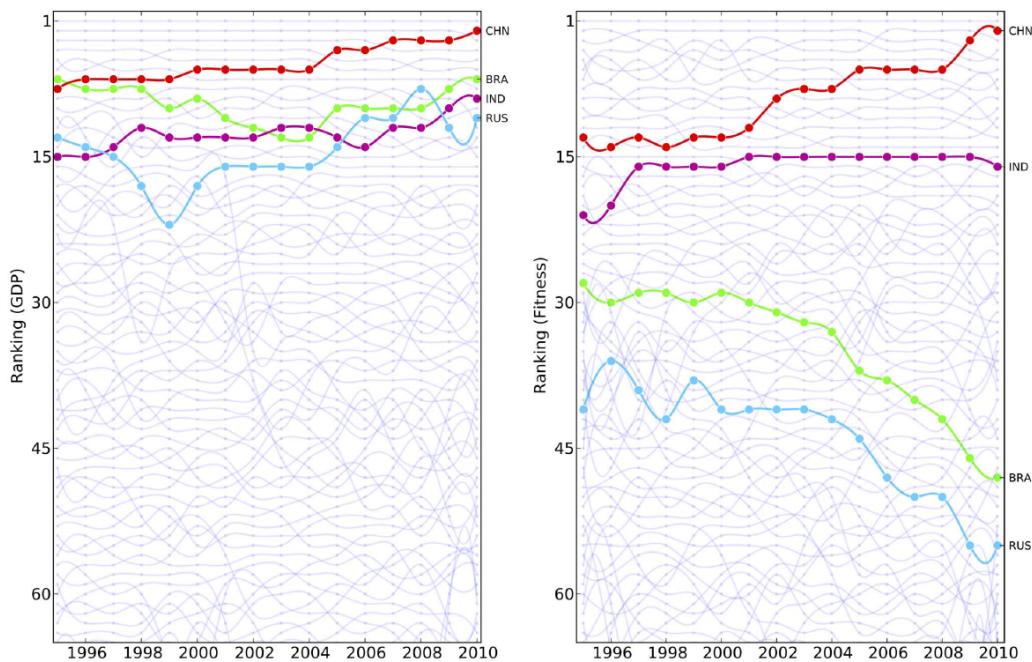
Cristelli et al. (2013) alegam que países considerados desenvolvidos tem pauta de produção extremamente diversificada, com produtos dos mais simples aos mais complexos. Já países menos desenvolvidos apresentam em sua pauta apenas produtos também exportados por outros países. Esta situação faz com que surja a necessidade de introduzir uma medida baseada em indicadores não monetários, nem baseada na renda de complexidade econômica que revele o potencial oculto para o desenvolvimento e crescimento econômico. Os autores propõem então uma métrica de aptidão e de complexidade dos produtos⁶.

Na Figura 10 pode-se comparar a análise da métrica desenvolvida para os BRICs (Brasil, Rússia, Índia e China).

Pela análise dos autores, Índia e China passam por um desenvolvimento econômico caracterizado pelo acúmulo de recursos novos e mais complexos, fazendo com que o crescimento do PIB destes países corresponda a um aumento real da competitividade destes países. Por outro lado, o aumento do PIB do Brasil e da Rússia parece impulsionado pela bolha de preços de matérias-primas, além de estes países não estarem utilizando este ganho de riqueza para desenvolver e acumular novas capacidades.

⁶ “In summary our method is based on the introduction of coupled non-linear maps between the fitness of countries and the complexity of products characterized by a fixed point which defines a new metrics for determining the relative strength of countries and products in the context of the international exports. Each iteration of the algorithm adds higher order information on these quantities up to reach broad Pareto-like distributions for the two metrics at the fixed point.” (CRISTELLI et al., 2013, p. 2).

Figura 10 – PIB e complexidade: análise para os BRICs



Fonte: Cristelli et al. (2013, p. 11).

6.2 Estrutura produtiva brasileira

Gala et al. (2017) consideram a relação simbiótica entre o setor manufatureiro e o setor de serviços sofisticados na análise do desenvolvimento tecnológico dos países. Os autores combinaram as noções de complexidade desenvolvidas por Hausmann et al. (2014) com matrizes insumo-produto para avaliar a importância da criação do emprego em setores avançados. O resultado encontrado vai ao encontro do esperado: no longo prazo, a complexidade da economia é dependente da geração de empregos associados à manufatura e a serviços sofisticados. Estes setores apresentaram elos que teriam a capacidade de potencializar a divisão do trabalho, algo que não ocorre na agricultura e no processamento de recursos naturais, por exemplo⁷.

Desde Smith (2009 (1776)) sabe-se da importância da manufatura, já que uma de suas particularidades essenciais é a longa ligação entre as fases produtivas, permitindo maior divisão do trabalho. Desta forma, as atividades produtivas têm diferenças intrínsecas que as fazem ter distintas capacidades de engendrar a divisão do trabalho, fazendo com que os ganhos de produtividade decorrentes da divisão do trabalho não sejam uniformemente em todos os setores de produção (SCHUMACHER, 2016).

⁷ Nesta seção não se pretende realizar uma ampla revisão de bibliografia. Procurou-se aqui realizar um pequeno recorte da literatura associada à temática aqui apresentada, para fundamentar os resultados posteriores.

Apesar da importância do setor industrial no Brasil, a estrutura produtiva é amplamente baseada em setores não industriais, como serviços e matérias-primas. Borghi (2017) analisa a matriz insumo-produto para avaliar o papel dos diferentes setores na recuperação da economia brasileira após 2008. O ciclo das exportações na década de 2000 beneficiou a economia brasileira. Contudo, com a mudança do cenário mundial e a queda dos preços das commodities, a economia brasileira estagnou. O autor conclui que os setores industriais têm forte impacto na manutenção da produção e do emprego, apesar de terem perdido espaço na estrutura produtiva. Os setores mais geradores de emprego, por sua vez, foram a agricultura e pecuária, vestuário, couro e calçados e outros serviços.

A relação entre o setor de serviços e a manufatura tem sido estudada mais intensivamente nos últimos anos em decorrência da temática da desindustrialização⁸. Rowthorn e Coutts (2004) salientam que a desindustrialização foi superestimada já que as estatísticas não acompanharam as modificações reais nas atividades: o processo de terceirização de certos serviços que anteriormente eram fornecidos por empresas que compunham o setor industrial.

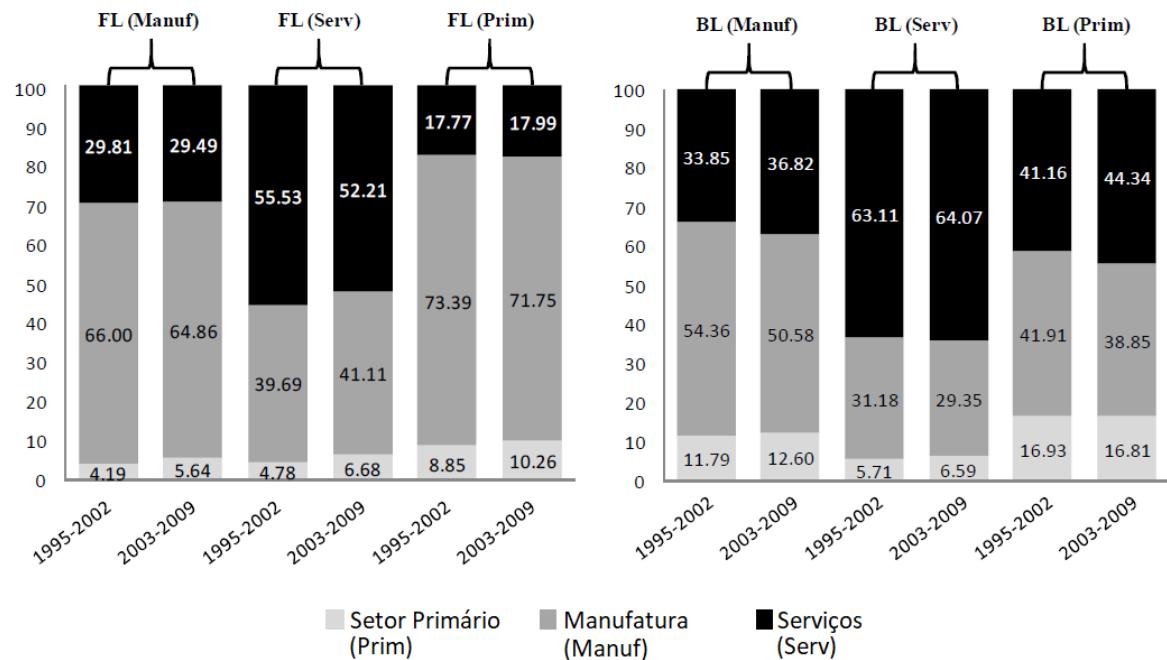
A interdependência entre manufatura e serviços tem sido tema de pesquisa de vários autores que ressaltam a relação sinérgica e simbiótica entre estes setores, como Pisano e Shih (2009) e Rocha (2015). Para Rocha (2015), mesmo com os serviços representando 70% do valor agregado total, os serviços são mais dependentes da produção do que o oposto. Através dos índices de encadeamentos de *Hirschman-Rasmussen*, o autor mostra que os encadeamentos para frente no setor de serviços é composto pela manufatura em aproximadamente 40% - Figura 11. Parcada menor da produção industrial, 30%, é destinado aos serviços, sejam insumos ou produtos. O setor primário apresentou maior dependência da manufatura do que os serviços, em quem 70% dos encadeamentos para frente é de manufatura.

No que tange as ligações para trás, a participação da manufatura apresenta queda para todos os períodos, com cerca de 30% da demanda de serviços com origem na manufatura. No caso das ligações para trás da manufatura, a participação dos serviços aumentou ao no período, porém sendo menor que a parcela das ligações para trás da manufatura nos serviços. No setor primários, a composição dos serviços aumentou, passando a da manufatura no último período. Assim as ligações para trás tem usado mais serviços em todos os setores ao longo do tempo.

Rocha (2015) compara os resultados do Brasil com a Coreia do Sul e conclui que a principal diferença entre os encadeamentos da economia brasileira e sul-coreana refere-se ao nível das ligações: (i) a Coreia do Sul tem uma economia com maiores ligações da manufatura para trás e para frente do que o Brasil, (ii) na Coreia do Sul a ligação para trás da manufatura tem uma parcela menor de serviços do que a ligação trás de serviços tem da

⁸ Sobre o tema ver Bacha (2015) e (OLIVER, 1992).

Figura 11 – Decomposição de ligação para a frente (FL) e para trás (BL) – em %



Fonte: Rocha (2015, p. 149–150).

manufatura, oposto do observado no Brasil; (iii) os setores manufatureiros dinâmicos sul-coreanos têm sido usados para estimular a produção de outros setores e criar um ambiente de causalidade produtiva cumulativa; (iv) a estrutura produtiva brasileira indicou grande dependência dos subsetores de serviços para estimular a economia e também crescente dependência do setor primário.

Nesta temática, Guerrieri e Meliciani (2005) indicam que a capacidade para um país desenvolver serviços depende da composição da sua estrutura econômica e tecnológica do setor industrial. Parte dos serviços sofisticados, intensivos em conhecimentos e de alta produtividade, como finanças, engenharia, design, consultoria e telecomunicações são demandados pela manufatura. Portanto, o crescimento do setor de serviços sofisticados está densamente relacionado com a indústria manufatureira.

Gala et al. (2017) analisam empiricamente a importância desses setores de serviços sofisticados e sua conexão com a complexidade econômica e o desenvolvimento tecnológico. Os autores salientaram a dificuldade da separação empírica dos serviços relacionados a manufatura dos outros tipos de serviço. Para auxiliar classificação segue-se a da WIOD (*World Input-Output Database* – Timmer et al. (2015)) e da GGDC (*Groningen Growth and Development Centre* – Timmer, Vries e Vries (2015)). Os dados indicam que os países emergentes tecnologicamente dinâmicos mostraram notável melhora em sua estrutura de produção medida pelos índices de complexidade econômica (ECI) nos últimos 20 anos,

como Coreia do Sul, China, Índia, Indonésia, México. Entre os destaques dos países desenvolvidos que apresentam grande participação da população empregada em empregos sofisticados e alta complexidade econômica, estão Estados Unidos, França, Reino Unido e Áustria, que têm emprego industrial baixo e emprego de serviços altamente sofisticados em termos relativos e grande complexidade de produtos. Estes trabalhos indicam a difícil situação do Brasil, com drástica queda no índice de complexidade econômica, um dos piores resultados dos países emergentes.

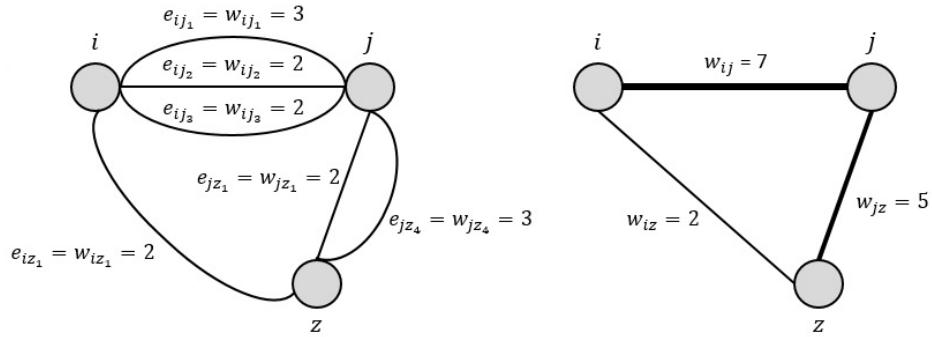
6.3 Metodologia

6.3.1 Definições básicas e base de dados

A descrição da rede formalmente se refere à teoria dos grafos (WEST, 2001), da qual algumas definições são apresentadas. Um grafo G é um par $G = (V, E)$ composto por um conjunto de n vértices V e um conjunto de m arestas E , formado por pares de vértices. Se um vértice admite mais de uma aresta entre eles, então G é um multigrafo. O conjunto de arestas E representa a relação de adjacência entre vértices, assim, se dois vértices i e j são adjacentes, ou vizinhos, uma aresta e_{ij} existe em E . A matriz de adjacência $A = A(G)$ de um grafo é uma matriz quadrada com linhas e colunas correspondentes aos vértices do grafo, em que a entrada a_{ij} representa o número de arestas entre os vértices i e j . Um grafo ponderado tem a entrada $a_{ij} = w_{ij}$, em que w_{ij} é o peso da relação entre i e j . Sendo G um multigrafo, mais de um link e_{ij} pode ocorrer entre dois vértices i e j , cada um com seu peso.

Neste trabalho o sistema produtivo brasileiro é representado como um multigrafo, onde os vértices correspondem às atividades produtivas e as arestas identificam as ocupações (tipo de trabalho) compartilhadas pelas atividades produtivas. Os dados foram coletados do Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 2016). As atividades produtivas seguem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base na terceira revisão do Padrão Internacional de Classificação Industrial (ISIC), aprovada pela Comissão de Estatística da ONU. Os dados obtidos para ocupação foram utilizados de acordo com a Classificação Ocupacional Brasileira (CBO). Neste trabalho, são analisadas 670 atividades produtivas (Classes CNAE) e 617 tipos de ocupação (nível de segregação de família).

A maneira como a divisão do trabalho ocorre no Brasil pode ser interpretada por meio de uma rede de conexões entre atividades produtivas por meio da ocupação compartilhada. Assim, se uma dada ocupação estiver presente entre duas atividades produtivas, haverá um vínculo ponderado entre elas, com peso dado pelo número de trabalhadores. A figura 12 mostra um exemplo simples da rede a ser obtida.

Figura 12 – Rede G de atividades produtivas sob a perspectiva de ocupações

Fonte: Elaboração própria.

Neste exemplo, as atividades produtivas i e j compartilham ocupações, ou seja, a atividade i tem três tipos de ocupações, 1, 2 e 3, que também estão presentes na atividade produtiva j . O mesmo acontece entre as atividades j e z , que compartilham 2 ocupações, e as atividades i e z , compartilhando 1. As bordas são ponderadas de acordo com o número total de diferentes ocupações presentes nas duas atividades produtivas que esta liga. Por exemplo, entre as atividades i e j , tem-se três bordas e_{ij} : $e_{ij_1} = w_{ij_1} = 3$, $e_{ij_2} = w_{ij_2} = 2$, e $e_{ij_3} = w_{ij_3} = 2$ (figura à esquerda). No lado direito, o mesmo grafo é representado pela substituição das várias arestas ponderados por uma única aresta, com peso $w_{ij} = \sum_{k=1}^n w_{ij,k} = 7$, $n = 1, 2, 3$.

6.3.2 Medidas de centralidades, assortatividade e limiar de percolação

A centralidade está relacionada à importância de um vértice na rede (SABIDUSSI, 1966). Existem várias definições de centralidade de vértices em uma rede a depender da aplicação objetivada. Entre elas, identificam-se algumas medidas que parecem capturar melhor as características da rede estudada. A centralidade de grau quantifica a atividade local do vértice na rede. Esta medida de centralidade indica o número de links que o vértice i tem com outros vértices ($k_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$). A partir dessa medida, pode-se inferir o grau médio da rede, que é dado por \bar{k} (FREEMAN; BORGATTI; WHITE, 1991).

Para redes ponderadas, a uma medida similar é a centralidade de força s_i , que considera os pesos das ligações do vértice i . Esta medida é dada por:

$$s_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (6.1)$$

A centralidade do autovetor, eig_i , quantifica a conexão de um vértice com seus vizinhos que são eles mesmos centrais (BONACICH, 1972). Formalmente, a centralidade

do autovetor do vértice i é definida como o componente i^{th} do autovetor principal \mathbf{x} , ou seja:

$$x_i = 1/\lambda \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (6.2)$$

em que \mathbf{x} é o autovetor associado ao maior autovalor λ da matriz de adjacência, e $1/\lambda$.

Em vista de medir a importância de um vértice, muitas vezes pode ser interessante medir como esse vértice se interpõe entre os outros nos caminhos da comunicação. Isso pode ser avaliado usando a centralidade de intermediação de fluxo, que mede a posição de um vértice considerando o fluxo de informação presente em todos os caminhos (FREEMAN; BORGATTI; WHITE, 1991).

O fluxo em um grafo G é o movimento de um recurso quantificável ao longo das bordas de G , em que a avaliação representa quanto está sendo transferido de um vértice para outro. O valor da conexão entre os vértices j e z determina a capacidade w_{jz} , que é a quantidade máxima de informação que pode passar entre eles. O fluxo total entre pares de vértices ao longo de todos os caminhos possíveis que os conectam é o que importa nessa medida.

Freeman, Borgatti e White (1991) formalizaram o conceito de fluxo de intermediação usando a ideia do fluxo máximo de Ford e Fulkerson (1956). O fluxo máximo entre os vértices j e z é dado por m_{jz} , enquanto $m_{jz}(i)$ é a distância máxima do fluxo j e z passando por i . Dividindo o fluxo que passa por i pelo fluxo total entre todos os pares de vértices em que i não é fonte nem destino, encontra-se a proporção do fluxo dependendo de i :

$$fb_i = \frac{\sum_{j<z}^n m_{jz}(i)}{\sum_{j<z}^n m_{jz}} \quad (6.3)$$

A definição 6.3 difere da centralidade de intermediação clássica de um vértice ao considerar tanto os caminhos ponderados geodésicos quanto os não-geodésicos.

Um índice global da topologia de rede é a assortatividade. Uma rede é assortativa se os vértices com alta/baixa centralidade de grau tendem a estar conectados a vértices similares, ou seja, de também alta/baixa centralidade de grau. Se a rede é classificada como disassortativa, os vértices com centralidade de grau de alta/baixa estão inclinados à conexão com vértices de baixa/alta/ centralidade de grau. Esta medida é definida pelo coeficiente de correlação de Pearson entre as centralidades de grau de pares de vértices adjacentes, dada por Newman (2002):

$$r = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} k_i k_j - [\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i + k_j)]^2}{\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i^2 + k_j^2) - [\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i + k_j)]^2} \quad (6.4)$$

em que k_i , k_j são as centralidades de grau de i e j , m é o número de arestas, e $i \sim j$

significa que i é adjacente a j . O coeficiente varia entre -1 e 1. Em particular, o coeficiente é positivo, a rede é dita assortativa e os vértices com grau similar tendem a estar conectados entre si. O oposto ocorre quando o coeficiente é negativo, a rede é disassortativa e os vértices com maior grau tendem a ser conectados com menor grau, por exemplo.

A definição original de assortatividade refere-se a redes não direcionadas e não ponderadas. Na verdade, o peso das arestas pode contribuir significativamente para as características da rede. Por esta razão, é conveniente focar na composição que leva em conta também os pesos. Leung e Chau (2007) propuseram uma definição de assortatividade que considera a centralidade de força ao invés da de grau. Neste caso, assortatividade/disassortatividade relaciona-se com a tendência dos vértices com similar/oposta força estarem conectados uns aos outros.

Outra medida com foco na estrutura geral da rede envolve a problemática da difusão, a ideia de quantos vértices podem ser atingidos a partir de um único (JACKSON, 2008). Uma maior centralidade de grau faz com que haja maior variância quando comparada ao grau médio, assim, uma rede com alta centralidade de grau tona-se mais propícia à difusão. O limiar de percolação, que depende de dois momentos de distribuição de grau da rede⁹, é dado por Newman (2010):

$$\varphi = \frac{\langle k \rangle}{\langle k \rangle^2 - \langle k \rangle} \quad (6.5)$$

Esta equação indica o número mínimo de vértices que devem estar presentes na rede para a rede percolar. Pode-se inferir que a probabilidade de ocorrência de uma cascata de informação e a sua dimensão dependem, então, do grau médio da rede. A explicação é que em redes muito esparsas, na quais os vértices encontram-se pouco conectados, não existem clusters grandes o suficiente para formar uma massa crítica, ou um cluster de percolação, que propicie cascatas de informação. Essas mudanças, quando chegam a ocorrer, limitam-se aos clusters isolados e de pequeno tamanho, onde elas eventualmente se iniciam. Nesses casos, disseminação de um padrão ou de uma informação depende crucialmente dos vértices com alta centralidade de grau na rede serem atingidos (WATTS; DODDS, 2007; HARRIGAN; ACHANANUPARP; LIM, 2012).

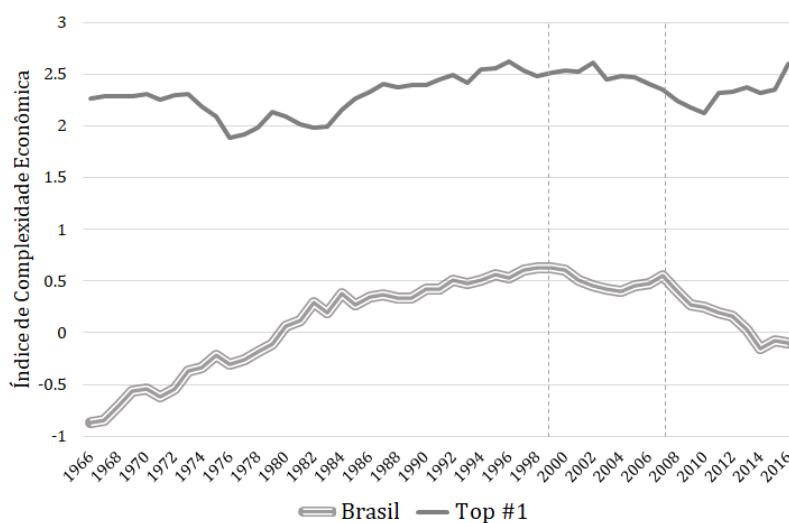
6.4 Análise e discussão de resultados

A análise tem início a partir da perspectiva global da complexidade econômica brasileira. A figura 13 representa o padrão da complexidade econômica nos últimos vinte anos. A complexidade é medida usando o Índice de Complexidade Econômico (ECI). Este

⁹ O grau de distribuição da rede é dado por $P(k_i = k) = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{N-1-k} \approx e^{-\langle k \rangle} \frac{\langle k \rangle^k}{k!}$. Desta forma, a centralidade de grau média é dada por $\langle k \rangle = \sum_k kp(k_i = k)$ e a centralidade de grau média quadrada por $\langle k^2 \rangle = \sum_k k^2 p(k)$.

índice quantifica o conhecimento de uma economia, traduzido pelos produtos que faz. O ECI classifica as exportações de um país de acordo com a sua diversidade (quantos produtos um determinado país produz) e com a ubiquidade (número de países que produzem este produto). Segundo Hausmann et al. (2014), atualmente a complexidade econômica do Brasil está no nível dos anos 1970. Em 1999, o pico do índice, o ECI foi de 0,63173, 29º em um ranking com 121 países. Em 2016, o Brasil caiu para o 44º lugar, em 124 países, com -0,10302.

Figura 13 – Índice de Complexidade Econômica (ECI)



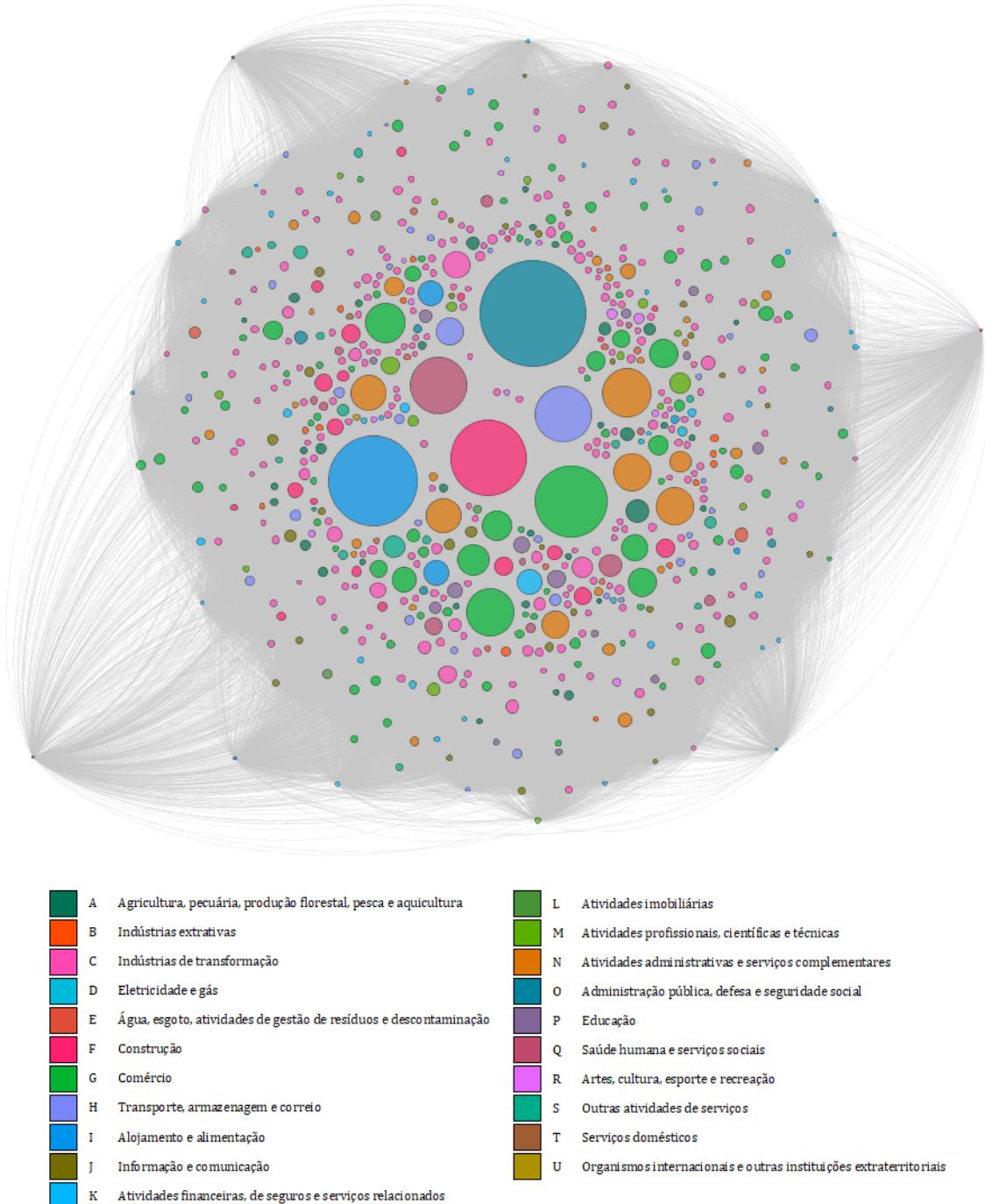
Fonte: Resultado da pesquisa com dados de Hausmann et al. (2014)

A perda da complexidade da economia brasileira é mais notável quando comparada ao primeiro lugar de cada ano no ECI (TOP #1). A queda na ICE sugere a necessidade de análise da estrutura produtiva interna. Assim, a construção de uma rede interna de produtos especiais traz a perspectiva doméstica atual para o início da avaliação do que aconteceu com a economia brasileira.

Com base no procedimento discutido na seção anterior, é possível construir a rede representativa da estrutura produtiva brasileira a partir das ocupações compartilhadas entre atividades produtivas, seguindo a classificação da CNAE 2.0 e da RAIS para o Brasil em 2016, como mostra a Figura 14.

Na rede, os vértices representam as atividades produtivas e o tamanho deles é proporcional à centralidade de força: quanto maior o número de ocupações que uma atividade compartilha com outras, maior é o seu tamanho. As cores dos vértices seguem as 21 seções da CNAE (de A a U). É evidente que a rede apresenta um núcleo fortemente conectado no centro e uma periferia menos densa. No núcleo da rede destacam-se as atividades com maior número de ocupações, como Administração Pública (O), Alojamento e alimentação

Figura 14 – Rede da Estrutura de Produção Brasileira em 2016 a partir do compartilhamento de ocupações



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

(I), Construção (F), Comércio (G) e Atividades administrativas e serviços complementares (N). Observa-se que a rede é completa, já que todas as atividades compartilham pelo menos uma ocupação.

A análise gráfica da rede fornece uma primeira visão a partir de uma perspectiva macroscópica. Para investigar profundamente as atividades mais centrais, pode-se avaliar as medidas de centralidade, mais especificamente, centralidade de força e de autovetor, relatadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Centralidade de Força e Autovetor

CNAE	Atividade Produtiva	s_i	eig_i	Part. na renda
o84116	Administração pública em geral	1.354.921.633	1	21,0851%
i56112	Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas	1.135.812.445	0,87633	1,2686%
f41204	Construção de edifícios	962.157.402	0,7529	1,5962%
g47113	Comércio varejista de mercadorias em geral	911.869.643	0,6908	1,4266%
q86101	Atividades de atendimento hospitalar	704.986.284	0,5306	2,4277%
h49302	Transporte rodoviário de carga	697.386.541	0,5223	1,4419%
n81214	Limpeza em prédios e em domicílios	603.717.954	0,4489	0,6451%
g47814	Comércio varejista de artigos do vestuário	592.008.224	0,4564	0,8434 %
g4744	Comércio varejista de ferragens, madeira e materiais de construção	486.227.377	0,3756	0,7999%
n81125	Condomínios prediais	486.227.377	0,3659	0,7940%
k64701	Fundos de investimento	20.290.896	0,0607	0,0004%
h49400	Transporte duto viário	19.119.605	0,0444	0,0335%
k64328	Bancos de investimento	18.822.785	0,0442	0,0106%
k64336	Bancos de desenvolvimento	17.289.998	0,0385	0,0588%
o84256	Defesa Civil	16.233.521	0,0271	0,0003%
k64387	Bancos de câmbio e outras instituições	15.457.104	0,0337	0,0692 %
k64107	Banco Central	12.259.991	0,0277	0,1094%
a01709	Caça e serviços relacionados	11.440.823	0,0264	0,00002%
b07251	Extração de minerais radioativos	7.123.305	0,0182	0,00002%
h51307	Transporte espacial	6.336.965	0,0136	0,0010%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

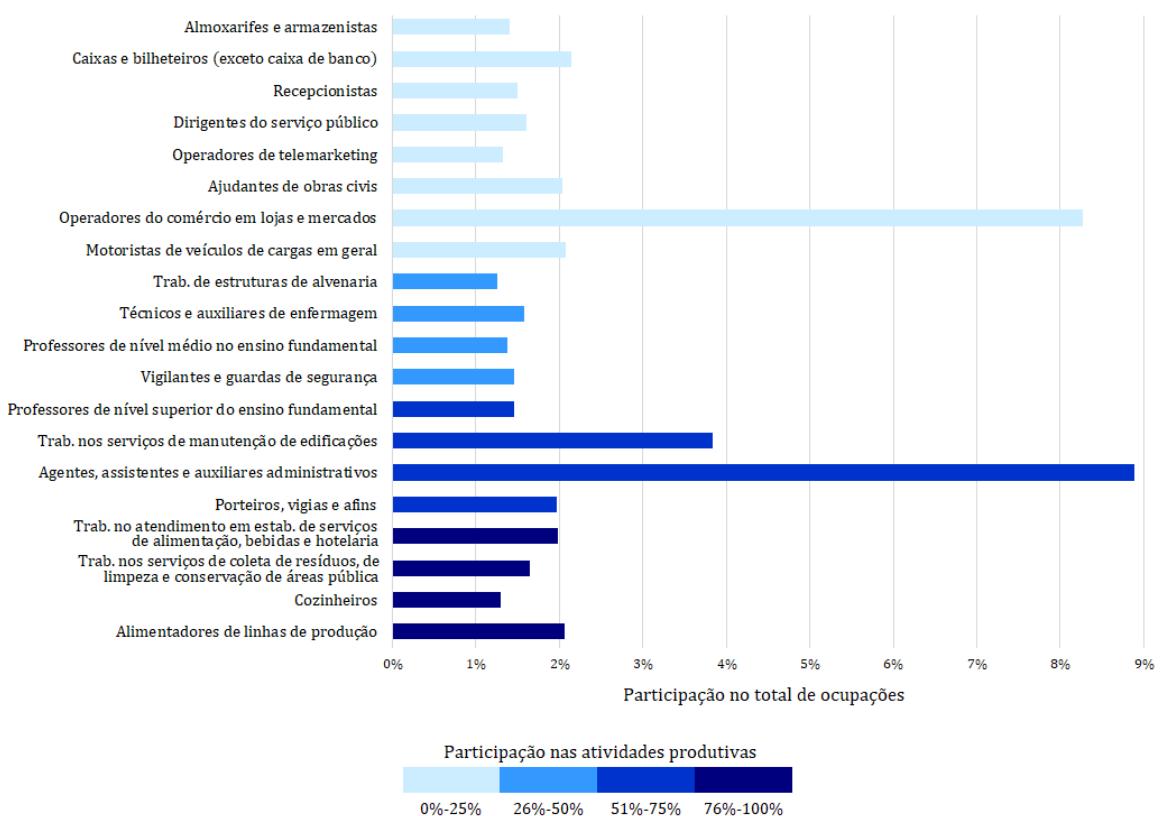
A centralidade de força identifica quais atividades produtivas têm maior participação de mão de obra com outros setores. A centralidade do autovetor indica, nesse caso, que uma atividade produtiva é mais central se estiver conectada a outras atividades com alta participação de ocupações. Pode-se notar que a classificação obtida pelas duas medidas de centralidade é preservada, como mostra o cálculo da Correlação de Spearman próximo a 1 (0,9993). Isso não é surpreendente, alguns estudos em redes aleatórias e livres de escala de mundo real indicam uma forte correlação entre essas duas centralidades (VALENTE et al., 2008; LI et al., 2015).

Atividades produtivas de maior centralidade, ou seja, com mais ocupações compartilhadas, são também as atividades com maior participação na renda, considerando que a participação na renda é em média 0,15%. As atividades com maior centralidade são as envolvidas no Comércio (G) e nas Atividades administrativas e serviços complementares (N). O destaque da análise é a Administração Pública, com cerca de 21% de participação na renda, compartilha ocupações com 307 outras atividades produtivas, cerca de 46,6%. Entre as atividades de baixa centralidade é grande a presença de atividades relacionadas a Atividades Financeiras (K) e a Transporte, armazenagem e correios (H). Destacam-se os Bancos de Investimento com 0,1094% de participação na renda, que dividiram a ocupação com todas as demais atividades da rede (669) e Defesa Civil e o Banco Central com

participação significativa na renda, e compartilhamento de ocupações com 668 atividades. Essas atividades de baixa centralidade e participação expressiva na renda têm algo em comum, sendo atividade ligada à administração pública.

Além disso, apesar da baixa centralidade de força e autovetor, estas atividades tem conexão com quase a totalidade das atividades econômicas (alta centralidade de grau). Isso ocorre porque estes setores, sozinhos, não empregam grande volume de trabalhadores, mas tem em sua composição ocupações presentes nas demais atividades. A figura 15 mostra as 20 ocupações com maior participação no total do emprego (mensurado no eixo horizontal) que, em conjunto, totalizam cerca de 50% do total do emprego em 2016.

Figura 15 – Participação das ocupações no total do emprego e nas atividades produtivas



Fonte: Resultados da pesquisa.

A graduação das cores mostra a participação destas ocupações nas 670 diferentes atividades produtivas. Na figura 15 pode-se verificar que a ocupação com maior número de trabalhadores (8,88%), assistentes e auxiliares administrativos, está presente em 69,40% das atividades produtivas (465), assim como trabalhadores de serviços de manutenção e edificação, com 3,85% do total do empregados, a terceira maior, e presente em 442 atividades produtivas (65,97%). A ocupação com maior permeabilidade nas atividades produtivas é a de alimentadores de linhas de produção, presente em 97,16% destas (615

atividades) e com 2,06% do emprego total. Por outro lado, operadores do comércio em lojas e mercado, a segunda ocupação com o maior número de trabalhadores (8,27%), está presente em apenas 68 atividades produtivas (10,15%), mostrando que o fato de haver grande número de trabalhadores não implica em presença em grande parte das atividades produtivas.

Não apenas o número ocupações compartilhadas pelas atividades é importante, como também a posição das atividades produtivas. Para avaliar a importância das ocupações nessa perspectiva, analisa-se a centralidade do fluxo de intermediação. A Tabela 2 informa as atividades com os maiores e menores valores desta centralidade.

Tabela 2 – Centralidade de fluxo de intermediação

CNAE	Atividade Produtiva	fb_i	Participação na renda
g47890	Comércio varejista de outros produtos	6,3197	0,5778%
a01113	Cultivo de cereais	2,7024	0,0899%
a01512	Criação de bovinos	2,0962	0,3847%
a01709	Caça e serviços relacionados	0,1469	0,00002%
k64107	Banco Central	0,0808	0,0692%
b07251	Extração de materiais radioativos	0,0425	0,00002%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Esta medida indica a quantidade máxima de ocupações entre as atividades produtivas que fluem através de todas as conexões possíveis. Desta forma, as atividades com maior fluxo entre as áreas são aquelas que compartilham ocupações estratégicas. Com efeito, facilitam a divisão do trabalho, permitindo assim a difusão do conhecimento no sistema.

A atividade produtiva com maior centralidade é a Comércio varejista de outros produtos novos não especificados anteriormente. Com considerável participação na renda, esta atividade é a segunda com maior diversidade de ocupações (569 – 90,60%), atrás apenas a Administração Pública (591 – 95,79%), porém com apenas 0,94% do total do emprego. Cultivo de cereais (403 – 65,31%) e criação de bovinos (450 – 72,93%) são atividades tradicionais no Brasil. A alta centralidade de fluxo de intermediação expressa que eles têm mesmas ocupações nessas atividades, facilitando as conexões entre elas. Isto sugere a simplicidade da estrutura produtiva do Brasil, baseada em matérias-primas e atividades agrícolas (FELIPE et al., 2012). O Banco Central, com baixa centralidade e participação da renda não desprezível, tem apenas 10 diferentes ocupações (1,62%), das quais a grande maioria são ocupações técnicas. Isso é diferente do caso da extração de minerais radioativos (6 – 0,97%) e da caça e serviços relacionados (12 – 1,94%).

Calculou-se também a assortatividade, na busca de se compreender como os vértices são conectados pela centralidade de força. O coeficiente é próximo de zero (-

0,00149), mostrando uma rede não assortativa¹⁰. Lembrando que a centralidade de força é o quanto de ocupações são compartilhadas pelas atividades produtivas, o valor da assortatividade mostra que não há um padrão entre estas quantidades. Pode-se inferir a partir deste resultado que o tipo de *know-how* entre duas atividades é independente do *know-how* entre duas outras.

As medidas de centralidade também podem ser correlacionadas com outros indicadores econômicos, usando a correlação de Spearman. Os indicadores econômicos utilizados são emprego total, a renda mensal total, a renda média mensal, a diversidade de ocupação e a diversidade efetiva de ocupação¹¹. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Correlação de Spearman

	Centralidade de Força	Centralidade de Autovetor	Centralidade de Fluxo de Intermediação	Emprego Total	Renda Mensal Total	Renda Média Mensal	Diversidade de Ocupações	Diversidade Efetiva de Ocupações
Centralidade de Força	1							
Centralidade de Autovetor	0,9993*	1						
Centralidade de Fluxo de Intermediação	0,9977*	0,9970*	1					
Emprego Total	0,8346*	0,8309*	0,8382*	1				
Renda Mensal Total	0,7452*	0,7403*	0,7433*	0,9368*	1			
Renda Média Mensal	-0,3355*	-0,3390*	-0,3506*	-0,2902*	0,0202	1		
Diversidade de Ocupações	0,9943*	0,9934*	0,9945*	0,8498*	0,7534*	-0,3594*	1	
Diversidade Efetiva de Ocupações	0,2163*	0,2203*	0,2010*	-0,1736*	-0,1068*	0,2981*	0,1887*	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

* Coeficientes de correlação significativos no nível 1% ou inferior.

Como esperado, as medidas de centralidades estão fortemente correlacionadas: a de fluxo de intermediação mostra uma forte correlação com a centralidade de força e de autovetor (aproximadamente 0,99). No entanto, como visto em análise anterior, duas atividades produtivas se destacam em relação a essa centralidade: o cultivo de cereais e a

¹⁰ Para ver mais sobre a assortatividade veja Newman (2002), Arcagni et al. (2017).

¹¹ A diversidade efetiva de ocupação corrige a diversidade de ocupação pela participação de cada ocupação. Assim, se uma atividade tem duas diferentes ocupações com igual participação (50%), a diversidade efetiva seria 2; porém se a participação de uma ocupação nesta atividade for de 99% e da outra de 1%, a diversidade efetiva passa a ser de 1,058 (valor próximo a um, já que a participação de uma ocupação é praticamente a totalidade da representação nesta atividade).

pecuária (segundo e terceiro no ranking, respectivamente) e é conveniente focar a análise nesses casos.

A centralidade de fluxo de intermediação revela as possíveis maneiras pelas quais uma atividade produtiva pode fluir de uma para outra, através das ocupações que estas compartilham, maximizando o fluxo (ou seja, maximizando a quantidade de ocupações compartilhadas). Este é um resultado interessante, uma vez que o cultivo de cereais e a pecuária, considerados “pouco sofisticados” no Brasil, apresentam alta mecanização e passaram por um processo de importante mudança tecnológica. Assim, essas atividades que fazem parte dos setores A da rede 14, associado à serviços de baixa sofisticação, provavelmente estão conectados a atividades mais sofisticadas e por sua vez com ocupações mais sofisticadas.

A totalidade dos empregos está positivamente correlacionada com todas as medidas de centralidade das atividades produtivas. As relações mais intuitivas são entre a totalidade dos empregos e as três medidas de centralidade das atividades produtivas, que apresentam uma correlação positiva. Isso significa que as três variáveis se movem na mesma direção: se o número total de empregos na economia aumenta, a conexão entre as atividades produtivas também aumenta, uma vez que elas terão mais ocupações ligando-as, em geral. Da mesma forma, para um aumento da totalidade de postos de trabalho corresponde uma proliferação das formas pelas quais o fluxo de ocupações pode se mover entre as atividades.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado à renda total, que exibe uma correlação positiva com as centralidades e o emprego total. Assim, se houver crescimento no total de emprego, a renda total também aumenta, assim como as conexões e o fluxo entre as atividades. A diversidade de ocupações também mostra uma correlação fortemente positiva com as centralidades, com o total de empregos e com a renda total. Pela forma de construção da rede, espera-se que um aumento na diversidade aumente as conexões e o fluxo entre as atividades produtivas. A correlação entre o número total de empregos e a diversidade de ocupações é também fortemente positiva, mostrando que, quanto maior a quantidade de emprego, maior a diversidade e a renda.

Curiosamente, a renda média mensal e as medidas de centralidade têm uma correlação negativa. A interpretação mais intuitiva é que o aumento da renda ocorre em ocupações que não estão presentes em muitas atividades produtivas. Essas ocupações não conectam várias atividades e não aumentam o fluxo. O que sustenta esse raciocínio é o fato de que a renda média mensal também apresenta correlação negativa com a renda total mensal e o emprego total, levando a conclusão de que o aumento do emprego ocorre em atividades de baixa renda.

A diversidade efetiva de ocupações apresenta uma correlação positiva, porém baixa, com as medidas de centralidade e com a média mensal e relação negativa com a renda mensal total. A possível interpretação desse resultado é que o aumento do emprego total

não aumentará as ocupações mais diversificadas. Além disso, mostra que ocupações com maior diversidade efetiva apresentam maior renda mensal.

Por exemplo, as atividades com grande diversidade efetiva de ocupações são: aluguel de máquinas e equipamentos não especificados anteriormente, com baixa renda de participação (0,09%) e serviços de engenharia, com participação significativa na renda (0,62%). Os serviços de engenharia são o caso atípico, com apenas 45 trabalhadores, em 14 ocupações diferentes e com altas medidas de centralidade. Este seria é o tipo de atividade produtiva com potencial para aumentar a complexidade da estrutura produtiva.

6.4.1 Estrutura produtiva: ocupações sofisticadas

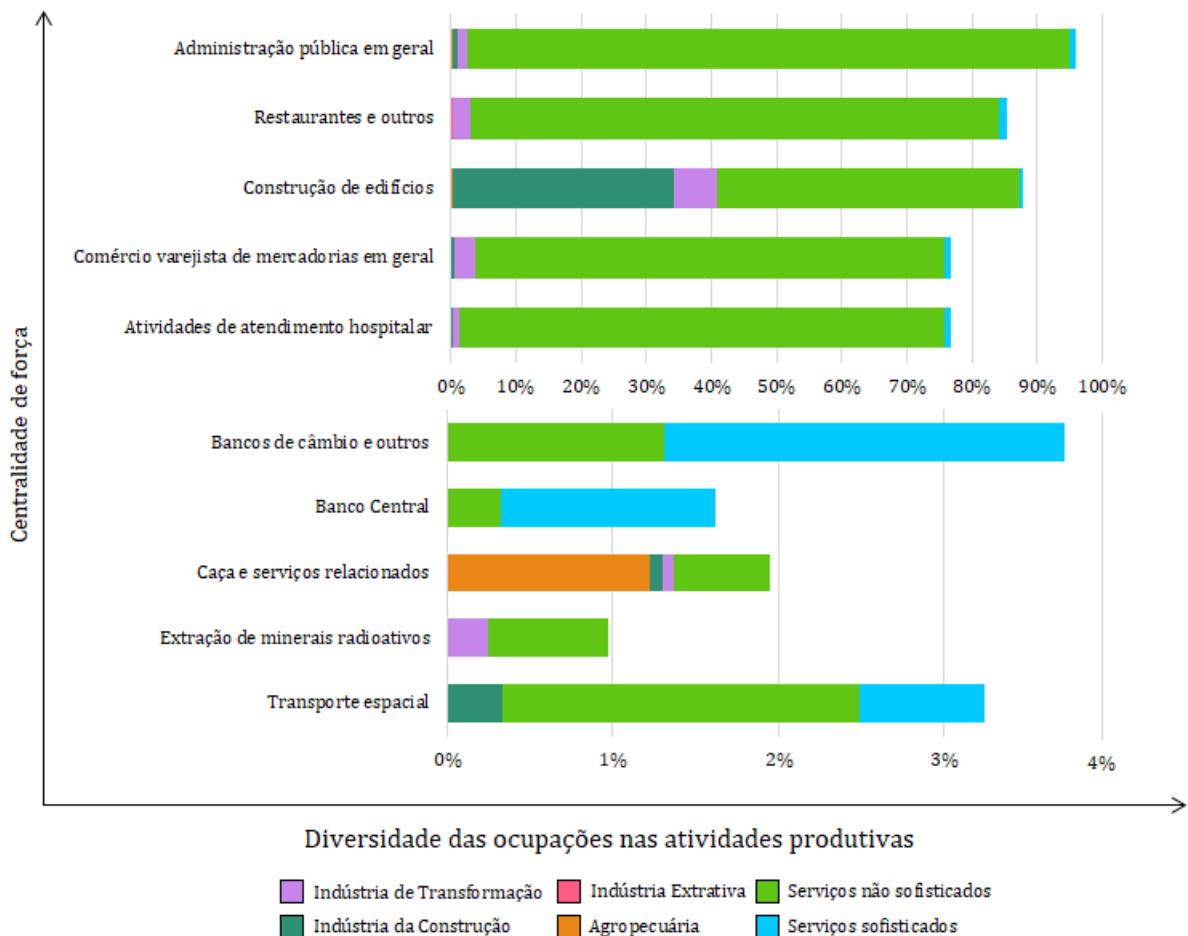
Nesta seção pretende-se avaliar as atividades e as ocupações por elas compartilhadas investigando a correlação entre as medidas obtidas através da rede e outros indicadores econômicos. Para iniciar o estudo, convém seguir a classificação da WIOD (*World Input-Output Database* (Timmer et al., 2015)) e da GGDC (*Groningen Growth and Development Centre* (Timmer; Vries; Vries, 2015)) entre: indústria de transformação, indústria da construção civil, indústria extrativa, agropecuária, serviços não sofisticados e serviços sofisticados. A figura 16 representa as atividades produtivas classificadas com base na diversidade de empregos e nos grandes setores.

Em particular, o painel superior representa as atividades produtivas de maior centralidade de força na rede e o painel inferior as atividades de menor centralidade de força. O eixo superior corresponde à diversificação de ocupações: Administração Pública Geral compartilha grande parte das 617 ocupações existentes com outros setores (95,79%), e Extração de minerais radioativos, por sua vez, tem a menor diversificação, com apenas 6 diferentes ocupações (0,97%).

Entre as atividades de maior centralidade da força, a maior parte da diversificação dos empregos está em serviços não sofisticados. Já nas atividades com baixa centralidade de força, apesar da pouca diversificação, o peso dos serviços sofisticados ganha maior relevância. Os resultados levantados até o momento ajudam a entender a aparente limitação da estrutura produtiva brasileira, considerando as ocupações, ou seja, considerando a distribuição do *know-how* da economia.

Dada a importância da presença de ocupações sofisticadas nas atividades produtivas, pode-se construir uma rede que represente o sistema produtivo em que a ligação entre as atividades seja apenas através de ocupações sofisticadas. Assim, segue-se com 670 atividades produtivas (CNAE) e, ao invés de 617 diferentes ocupações (CBO), 259 tipos de ocupações. A figura 17 sistematiza o que foi feito: a partir da classificação de Timmer et al. (2015) e Timmer, Vries e Vries (2015), foram descartadas as ocupações consideradas como não sofisticadas.

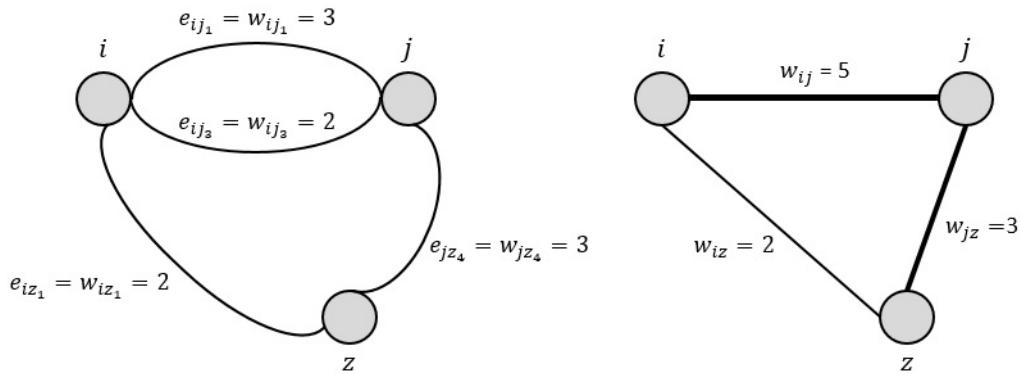
Figura 16 – Centralidade de força das atividades produtivas classificadas com base na diversidade de ocupações e sofisticação



Fonte: Resultados da pesquisa.

Neste exemplo, as atividades produtivas i e j compartilham apenas 2 ocupações sofisticadas, as atividades j e z compartilham 1 ocupação sofisticada, e as atividades i e z , continuam compartilhando 1. Considerando este novo recorte, a rede representativa da estrutura produtiva brasileira a partir das ocupações sofisticadas compartilhadas em 2016, é apresentada na figura 18.

Nesta rede, as atividades produtivas apresentam tamanhos mais harmônicos que na rede anterior (14), ou seja, o número de conexões, que dá o tamanho aos vértices, são similares. Assim, o compartilhamento de ocupações sofisticadas se dá de maneira mais homogênea do que considerando o compartilhamento de ocupações não sofisticadas em conjunto com as sofisticadas. Os destaques desta rede são a Indústria de Transformação (C), a maior atividade em tamanho (conexões) e mais central, Administração Pública, defesa e segurança social (O), Comércio (G) e Administração Financeira, de seguros e serviços selecionados. Este último setor, apesar de nesta rede passar ao centro com uma

Figura 17 – Rede G de atividades produtivas sob a perspectiva de ocupações sofisticadas

Fonte: Elaboração própria.

atividade, está muito presente na periferia da rede, assim como Educação (P).

A tabela 4 traz informação similar a tabela 1, a centralidade de força com as atividades produtivas com maior e menor compartilhamento de ocupações sofisticadas, a centralidade de autovetor, que aqui também mostra alta correlação com a centralidade de força (0,9867), e a participação na renda de cada atividade.

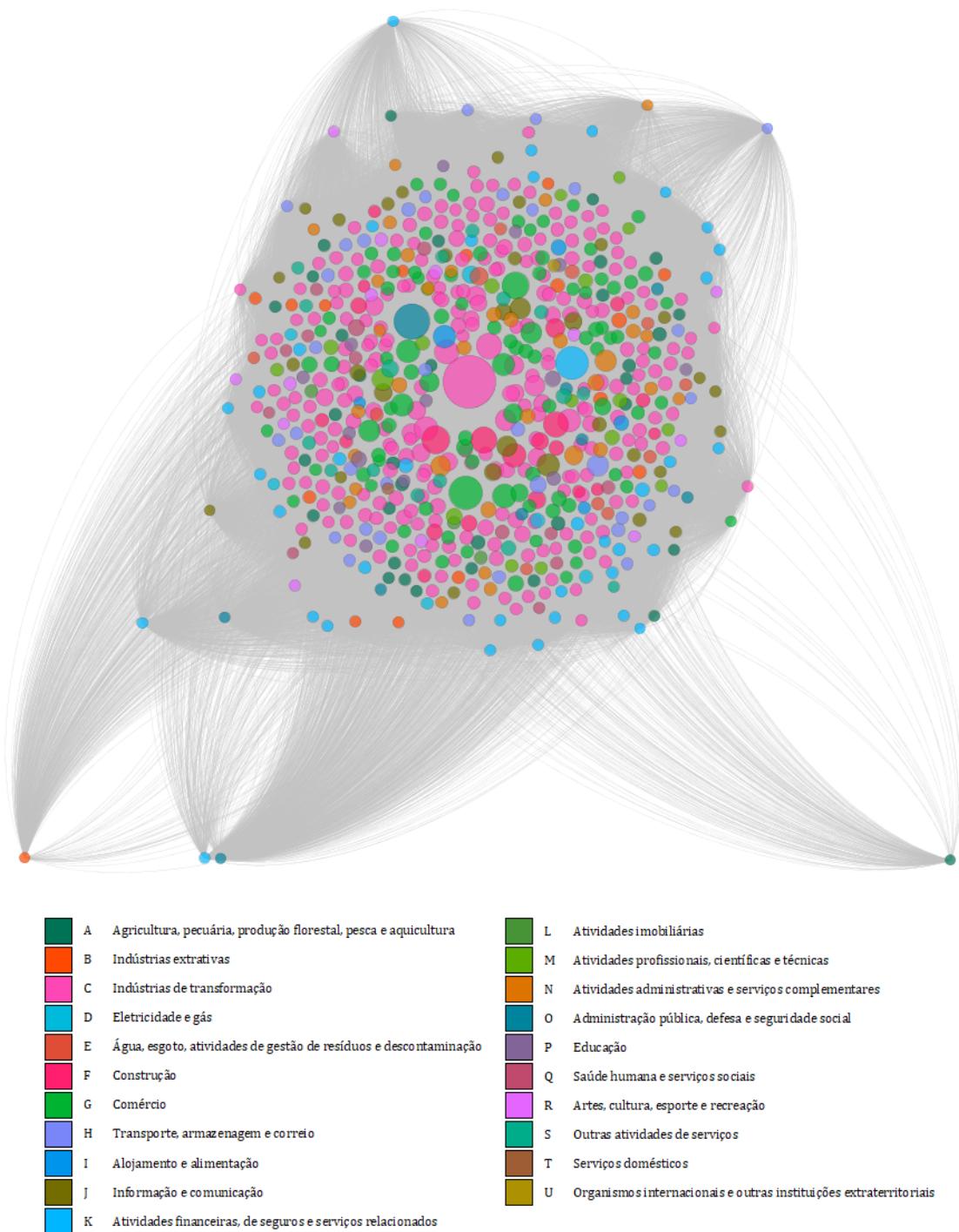
Tabela 4 – Centralidade de Força e Autovetor - considerando ocupações sofisticadas

CNAE	Atividade Produtiva	s_i	eig_i	Part. na renda
c14126	Confecção de peças do vestuário, exceto roupas íntimas	205.250.457	1,0000	0,5520%
o84116	Administração pública em geral	122.050.967	0,5799	21,0851%
g45307	Comércio de peças e acessórios para veículos automotores	110.390.977	0,5284	0,6084%
k64221	Bancos múltiplos, com carteira comercial	109.907.692	0,4895	2,1156%
f41204	Construção de edifícios	83.323.948	0,4220	1,5962%
g45200	Manutenção e reparação de veículos automotores	79.011.229	0,3949	0,2456%
f42928	Montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas	75.959.907	0,3876	0,3433%
c31012	Fabricação de móveis com predominância de madeira	73.044.534	0,3925	0,2758%
f42219	Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações	70.352.178	0,3653	0,3543%
c29492	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não espec. anteriormente	65.179.117	0,3424	0,4469%
k64387	Bancos de câmbio e outras instituições de intermediação não-monetária	1.276.101	0,0110	0,0003%
j61426	Operadoras de televisão por assinatura por micro-ondas	1.170.765	0,0099	0,0004%
n80307	Atividades de investigação particular	1.125.697	0,0093	0,0004%
o84213	Relações exteriores	819.552	0,0072	0,0653%
h51307	Transporte espacial	661.280	0,0056	0,0010%
k64239	Caixas económicas	538.696	0,0040	0,6710%
k64701	Fundos de investimento	331.199	0,0026	0,0004%
o84256	Defesa Civil	209.691	0,0016	0,1094%
b07251	Extração de minerais radioativos	67.644	0,0004	0,00002%
a01709	Caça e serviços relacionados	8.569	0,0001	0,00002%

Fonte: Resultados da Pesquisa.

O primeiro resultado que chama a atenção é a participação na renda das atividades com maior compartilhamento de ocupações sofisticadas (27,6231%), que é menor do que à outra rede (32,385%). Desconsiderando a Administração pública em geral, que sozinha tem 21,0851%, a rede com todas as ocupações tem 11,2434% frente a apenas 6,5381% na rede

Figura 18 – Rede de Estrutura de Produção Brasileira em 2016 a partir do compartilhamento de ocupações sofisticadas



Fonte: Resultados da pesquisa utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

com apenas as ocupações sofisticadas. Dentre as 10 atividades com menor centralidade de força, a participação conjunta na renda é de 0,2832% para a primeira rede, passando para apenas 0,8481% na rede com as ocupações sofisticadas. Este resultado leva a consideração

de que as atividades que compartilham trabalho sofisticado têm menor participação na renda do que as atividades que compartilham sofisticado e não sofisticado.

As atividades com maior centralidade de força são atividades relacionadas à indústria, como confecção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas, com 83,87% das ocupações sofisticadas, fabricação de móveis com predominância de madeira (83,40%) e fabricação de peças e acessórios para veículos automotores (79,54%), com grande parte das ocupações relacionadas com a atividade principal. Administração pública e geral, segunda atividade que mais compartilha ocupações sofisticadas, tem 94,59% do total as ocupações sofisticadas. A ocupação de maior representatividade nesta atividade é a de preparadores e operadores de máquinas-ferramentas convencionais, com 25,31% de representatividade na atividade e 21,40% na economia. A administração pública é a atividade com maior número de pesquisadores das ciências biológicas (57,61%) e profissionais de estatística (53,16%), e grande peso nas ocupações de engenheiros agrimensores e cartográficos (42,56%), biólogos e afins (38,80%), profissionais da metrologia (33,35%) e técnicos de produção de indústrias químicas, petroquímicas, refino de petróleo, gás e afins (31,09%). Bancos múltiplos com carteira comercial também figura nas atividades com maior centralidade de força, com apenas 51 diferentes ocupações (19,69%), devido a presença de ocupações em serviços financeiros gerais.

A figura 19 mostra as 20 ocupações classificadas como sofisticadas com maior participação no total do emprego (mensurado no eixo horizontal) que, em conjunto, também totalizam cerca de 50% do emprego em 2016. A graduação das cores, como na 15, mostra a participação destas ocupações nas 670 diferentes atividades produtivas.

A ocupação sofisticada com maior número de trabalhadores (4,86%) é a de gerentes administrativo, financeiros, de riscos e afins que está em 98,66% das atividades produtivas. O mesmo ocorre com especialistas em promoção de produtos e vendas, com 4,73% dos trabalhadores em empregos sofisticados e presente em 93,29% das atividades. Analistas de tecnologia da informação se destacam ao estarem presente em 95,53%, empregando 3,85%. No topo da figura, nas ocupações de menor participação nas atividades produtivas, porém, mesmo estas, estão em pelo menos metade das atividades, mostrando um padrão diferente da primeira rede.

Quanto ao fluxo de intermediação, a tabela 5 informa as atividades com os maiores e menores valores desta centralidade.

Esta medida indica a quantidade máxima de ocupações entre as atividades produtivas que fluem através de todas as conexões possíveis. Desta forma, as atividades com maior fluxo entre as áreas são aquelas que compartilham ocupações estratégicas. Com efeito, facilitam a divisão do trabalho, permitindo assim a difusão do conhecimento no sistema. As atividades produtivas que se destacam são atividades vinculadas ao setor de informação e comunicação, identificando estas como pontes quando apenas atividades

Figura 19 – Participação das ocupações sofisticadas no total do emprego e nas atividades produtivas



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 5 – Centralidade de fluxo de intermediação: ocupações sofisticadas

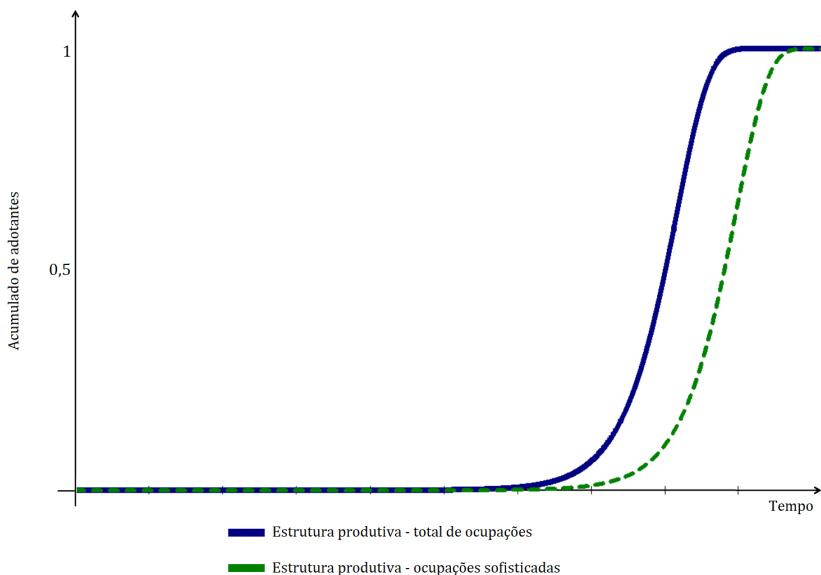
CNAE	Atividade Produtiva	fb_i	Participação na renda
j62015	Desenvolvimento de programas de computador sob encomenda	8,3400	0,3183%
n82997	Atividades de serviços prestados princíp. às empresas não espec. anteriormente	8,3400	0,6413%
g47814	Comércio varejista de artigos do vestuário e acessórios	8,3370	0,8334%
j62091	Supor te técnico, manutenção e outros serviços em tec. da informação	8,3370	0,2434%
j62031	Desenv. e licenciamento de programas de computador não-customizados	8,3370	0,1845%
o84256	Defesa Civil	0,6480	0,1094%
a01709	Caça e serviços relacionados	0,0120	0,00002%

Fonte: Resultados da pesquisa.

sofisticadas estão postas. As atividades com maior centralidade de fluxo de intermediação indicam que nessas atividades existem ocupações que permeiam a rede.

Pensando em como a informação flui nas diferentes redes, calculou-se o limiar de percolação para rede com todas as ocupações e para a rede com apenas as ocupações sofisticadas. O objetivo é comparar em qual rede o surgimento de caminhos que perpassam toda a rede ocorrem de maneira mais rápida - Figura 20.

Figura 20 – Limiar de percolação: total de ocupações vs ocupações sofisticadas



Fonte: Resultados da pesquisa.

Por se tratarem de redes altamente conectadas, optou-se por utilizar, ao invés da centralidade de grau para o cálculo de intermediação, a centralidade de força, pensando em considerar a intensidade do compartilhamento de mão-de-obra¹². O resultado apontou que a rede que considera apenas as ocupações sofisticadas apresentou limiar de percolação maior ($\varphi = 6.8620 \times 10^{-8}$) que a rede com todas as ocupações ($\varphi = 1.0964 \times 10^{-8}$), mostrando que na rede com todas as ocupações há maior permeabilidade das informações. Porém em ambas as redes o valor é muito baixo, significando que levaria muito tempo até que um evento atingisse todas as atividades produtivas através das ocupações, apesar de ambas as redes terem alta densidade, 0,9956 e 0,9940 respectivamente.

Outra forma de analisar como se comporta os processos dentro de rede é por meio da correlação das centralidades de força, a assortatividade. A assortatividade para a primeira rede foi de $r_1 = -0,0015$, para a segunda rede, com apenas as ocupações sofisticadas, o valor foi de $r_2 = -0,0029$. O resultado não é conclusivo. O padrão mostrado é neutro, em que não se pode afirmar que existe um padrão assortativo ou disassortativo na rede. Em redes neutras, os vértices conectam entre si de maneira aleatória. Portanto, a densidade de arestas é simétrica, indicando a falta de correlações no padrão de vinculação.

¹² Para as centralidades de grau o limiar de percolação ficou de 0,001510472 para a rede com todas as ocupações e 0,001501576 para a rede com apenas as ocupações sofisticadas.

7 Considerações finais

O conhecimento incorporado em cada indivíduo é disperso e a forma como esse conhecimento é combinado e usado, bem como sua diversidade, tem influência na estrutura produtiva da economia. Isso se reflete na rede construída e analisada neste trabalho. O conhecimento tácito é relevante para a produção e está embutido nas atividades produtivas, é o que Hidalgo (2015) chamou de “*experiência de trabalho*” inerente às redes de produção, em que há um ambiente no qual as habilidades são trocadas.

Esta pesquisa parte da ideia de que as capacidades determinam a diversificação produtiva. Assim, a especialização no nível micro resulta em diversificação no nível macro. Como consequência, as capacidades de um país são cruciais para entender seu processo de desenvolvimento. Outro fato estilizado seguindo é que países mais pobres não foram capazes de constituir e empregar trabalhadores em serviços sofisticados e, assim, apresentar uma estrutura produtiva complexa.

A análise da estrutura produtiva brasileira começa a partir da avaliação de sua queda no ECI. As atividades produtivas mais próximas umas das outras, que compartilham ocupações, geralmente são de baixa sofisticação, enquanto as atividades mais sofisticadas estão na periferia da rede. Ao analisar a correlação entre os diferentes indicadores, constatamos que o aumento da renda ocorre em ocupações que não estão em muitas atividades produtivas, não aumentando, assim, a conexão da rede, e a complexidade da estrutura produtiva.

Esses resultados corroboram o trabalho de Cristelli et al. (2013) e, indiretamente, de Hidalgo et al. (2009) e Hidalgo et al. (2007): a economia brasileira não é muito complexa e, portanto, tem menor potencial de crescimento. As atividades mais centrais na economia brasileira são aquelas que não são sofisticadas. O fato de os sofisticados estarem na periferia da rede, indica grande dificuldade em melhorar o conhecimento e a tecnologia.

A centralidade do fluxo indica duas atividades produtivas, o cultivo de cereais e a pecuária, que podem ser pensadas como pontes entre diferentes atividades. Seguindo o exemplo da floresta e dos macacos de Hidalgo (2008), as atividades seriam como pontes entre árvores distantes, a fim de facilitar o trânsito dos macacos. Assim, a transição de atividades menos sofisticadas para atividades mais sofisticadas pode ser facilitada através das atividades de centralidade de alta fluidez entre as áreas.

O aumento da diversidade efetiva de ocupações aumentaria a conexão entre as atividades produtivas e a renda média. No entanto, um simples aumento no número de trabalhadores não faria diferença, pois os resultados sugerem que esse aumento não garante diversidade efetiva. Assim, é imperativo para o Brasil repensar sua estrutura

de ocupações, os obstáculos para que diferentes ocupações entrem nas mais variadas atividades, facilitando a produção futura de bens que geram desenvolvimento.

Nas atividades com mais conexões, a maior parte da diversificação dos empregos está em serviços não sofisticados. Do lado oposto, atividades pouco conectadas, tem trabalho pouco sofisticado, além da baixa diversificação. Quando a análise se debruça em apenas nas ocupações sofisticadas, tanto as conexões quanto a diversidade de ocupações se tornam mais homogêneas. As atividades mais conectadas são as com maior participação na renda. Contudo, a disseminação da informação considerando apenas as ocupações sofisticadas é mais devagar do que na rede como um todo.

Um futuro desenvolvimento poderia ser investigar profundamente também o papel das ocupações no Brasil. Além disso, a análise pretende ser ampliada na questão da separação de empregos e serviços sofisticados e pouco sofisticados. Maciente (2013) produz uma taxonomia de similaridade de habilidade da indústria, compatível com RAIS que será útil para o aprofundamento desejado. Além disso outros recortes e diferentes definições de conexões entre as atividades produtivas a partir das ocupações poderiam ser pensados. A análise ao longo do tempo também pode ser considerada, a fim de identificar as mudanças estruturais que ocorreram na estrutura produtiva, focada nas ocupações.

Os resultados desta pesquisa, bem como corroboram os fatos estilizados e esperados, incentivam uma pesquisa futura para compreender a estrutura produtiva brasileira. Entender a produção brasileira a partir de conceitos de complexidade teórica e metodológica, deve inaugurar uma nova forma de pensar as dificuldades econômicas brasileiras e suas possíveis soluções.

Parte III

Estrutura Financeira

8 Introdução

Quando a estrutura de propriedade não é difusa aparecem diferentes problemas de agência. O problema mais comum é o de gerenciamento da empresa, em que os administradores podem não estar maximizando o valor do acionista (SHLEIFER; VISHNY, 1986). O segundo problema de agência surge quando a propriedade não significa o controle da empresa, ou seja, quando temos acionistas minoritários e majoritários. Nesse caso, os acionistas majoritários podem sobrepor os seus interesses aos da minoria, como em Shleifer e Vishny (1997).

A proteção dos acionistas influencia a estrutura do mercado, dividindo as empresas nas que são amplamente realizadas e nas com proprietários finais¹. La Porta et al. (1998) encontraram uma forte correlação entre a origem legal historicamente predeterminada dos países² e a proteção dos acionistas nesta região. Os resultados mostraram que países de *common law* tendem a ter uma melhor proteção dos acionistas minoritários do que os países *civil law*³. La Porta, Silanes e Shleifer (1999) também evidenciam este fato nos seus resultados. Encontraram que países de *common law* têm uma fração significativamente maior de firmas amplamente realizadas do que os países de *civil law*.

O sistema jurídico seguido pelo Brasil é o de *civil law*, o que levanta questões sobre a proteção dos acionistas no país, bem como a concentração do capital social das empresas no mercado. Sabe-se, seguindo a literatura, que a estrutura de propriedade brasileira é tida como altamente concentrada, com importantes desajustes entre acionistas majoritários e minoritários (VALADARES; LEAL, 2000; RABELO; VASCONCELOS, 2002; LAZARINNI, 2011; MATOS, 2017). A partir disso, entende-se neste trabalho que a aplicação de direitos de voto diferenciais, bem como a possibilidade de formação de pirâmides, sejam importantes instrumentos para desassociar a propriedade do controle no Brasil.

Como forma de minimizar os efeitos das diferentes classes de ações, em 2000 a BM&FBOVESPA introduziu o *Novo Mercado*, um segmento de listagem com uma melhor proteção de acionistas, que permite apenas emitir ações ordinárias, respeitando a regra da proporcionalidade. Estas práticas dariam menor espaço para o uso de pirâmides, formação de blocos de controles e outras estratégias de controle acionário. Em 2017 este

¹ Usando a definição de La Porta, Silanes e Shleifer (1999), os proprietários finais são acionistas com direitos de voto substanciais, diretamente ou através de uma cadeia de participações. Para este trabalho, este é o mesmo dos controladores finais, já que há a distinção entre propriedade e controle (CHAPELLE; SZAFARZ, 2005).

² Para saber mais dessa classificação, ver Reynolds e Flores (1989).

³ *Common law* é o sistema jurídico fundamentado na jurisprudência e não na lei codificada. *Civil law*, por sua vez, é sistema de direito que surgiu na Europa continental a partir da Idade Média e baseia-se na lei codificada, bem como da lei romana antiga. Ver mais em Zweigert et al. (1998).

segmento representava cerca de 40% das empresas listadas. Para Lazarinni (2011, p. 3), seria de se esperar que com as práticas de governança desenvolvidas pelo Novo Mercado, o capitalismo de laços, definido pelo autor como “emaranhando de contatos, alianças e estratégias de apoio gravitando em torno de interesses políticos e econômicos”, tivesse tido mudanças significativas. Contudo as evidências encontradas pelo autor sugerem o oposto: o capitalismo de laços se intensificou.

Assim sendo, o objetivo aqui é analisar como é distribuída a propriedade financeira brasileira e quem são os proprietários controladores. Neste ensaio tem-se por objetivo caracterizar a rede de propriedade e a rede de controle financeiro para o Brasil, utilizando as relações de propriedade das empresas listadas no mercado de ações brasileiro e seus acionistas.

Seguindo a metodologia de integração utilizada por Turnovec (2005), Chapelle e Szafarz (2005), e Rotundo e D’Arcangelis (2010), determinou-se as redes de propriedade e controle integrado. Por intermédio do controle e da propriedade indireta tem-se acesso à influência real de um acionista em uma empresa e identifica-se quem são os controladores efetivos do mercado de capitais brasileiro. A partir da contribuição de Glattfelder (2010) foram inseridas medidas para a computação da importância relativa dos atores econômicos, bem como sua grandeza no mercado financeiro brasileiro a partir do valor de mercado das empresas listadas.

Na sequência é realizado um breve resumo da literatura utilizada para a análise das redes de propriedade e controle, bem como é a visão brasileira desta temática. Segue-se então para a apresentação da metodologia, com a construção da rede de propriedade e de controle, as respectivas redes de propriedade e controle integrado, as rendes ponderadas pelo valor de mercado das empresas. Os resultados e considerações finais fecham esta seção.

9 Estrutura Financeira: redes de propriedade e controle

9.1 Estruturas de Propriedade e Controle

O trabalho seminal desenvolvido por Berle e Means (1932) se debruçou sobre a relação de controle e propriedade nos Estados Unidos nos anos 1930. Os autores argumentaram que as mudanças no marco legal e o desenvolvimento organizacional e tecnológico que aconteceram no final do século XIX e início do século XX fizeram emergir empresas grandes com propriedade e controle difusos. Com isso, o controle das empresas passou a se dar através de gerentes profissionais ou via interesses minoritários, enfraquecendo o poder dos acionistas. Este trabalho influenciou por muito tempo a forma como as relações acionárias se davam em uma economia, fazendo com que a caracterização da história das corporações norte-americanas fosse encarada como fato estilizado para todas as regiões: propriedade de capital disperso entre pequenos acionistas, com boa proteção legal de interesses. Contudo, a visão de uma corporação amplamente realizada é uma organização comum para empresas em países do sistema de *common law*, como Estados Unidos, Inglaterra e Canadá, não sendo regra geral (LA PORTA; SILANES; SHLEIFER, 1999).

As diferentes estruturas de propriedade têm implicações diretas na dinâmica do mercado financeiro e no controle corporativo dele derivado. A primeira delas é que esta estrutura evidencia a possível existência do problema de agência na gerência da empresa, em que o gestor profissional pode não priorizar os interesses do acionista. Havendo um acionista majoritário com poder de controlar as ações da gestão da empresa, outro problema de agência pode surgir, mas esse entre acionistas majoritários e minoritários. Outra implicação é que, sendo a estrutura de propriedade concentrada, o grau de diversificação do risco do acionista é maior, fazendo com que a diversificação deste capital concentrado implique em incorrer elevados custos. Desta forma, ao diversificar, os retornos pelo capital devem ser elevados, fazendo com que o benefício em adquirir uma grande parcela de uma empresa seja maior do que em um mercado disperso. Este benefício extra, em geral, se dá em um sistema com fraca proteção a acionistas minoritários (VALADARES; LEAL, 2000).

Nos anos 1900 se reacendeu a discussão sobre a relação entre propriedade e controle, já que, na prática, poucos países se adequavam à caracterização norte-americana de propriedade difusa. Alguns autores buscaram entender a temática para outros países¹. Novos resultados passaram a ser considerados, fazendo emergir um novo marco teórico, tais

¹ Os primeiros trabalhos principais são Edwards e Fischer (1994), Franks e Mayer (1994), Gorton e Schmid (1996), Prowse (1992), Berglöf e Perotti (1994), ECGI (1997), La Porta et al. (1998), La Porta, Silanes e Shleifer (1999), Kang e Shivdasani (1995), Ber, Yafeh e Yosha (1996)

como: (i) a corporação amplamente realizada é mais comum em países com boa proteção legal dos acionistas minoritários, que, na maioria das vezes, são países ricos de sistema de *common law*; consequentemente, os acionistas controladores têm menor receio de perder o controle e podem estar mais dispostos a vender seus direitos de voto para diversificar ou arrecadar fundos; (ii) em países com pouca proteção aos acionistas minoritários, o risco de perder o controle involuntariamente é uma posição dispendiosa, fazendo com que os acionistas controladores busquem mais direitos de voto e vendam menos ações, criando um mercado mais concentrado (LA PORTA; SILANES; SHLEIFER, 1999).

Nesta linha, Glattfelder e Battiston (2009) encontram resultados que ampliam a visão dessa literatura, ao utilizar ferramentas de redes complexas e novas métricas. Países Anglo-Saxões, embora do ponto de vista local tenham firmas amplamente realizadas, do ponto de vista global, pode-se identificar a existência de uma pequena elite de acionistas, que aparecem continuamente como entidades controladoras, sem nunca ter sido relatadas previamente pela literatura. Por outro lado, outros países onde há concentração local do controle, em sua maioria europeus, os acionistas tendem a ter controle sobre apenas uma companhia, o que resulta numa dispersão do controle quando considerada a visão global.

Glattfelder (2010), na mesma linha de pesquisa, inseriu uma noção qualitativa ao senso comum de concentração da riqueza e do controle em nível global. O resultado encontrado apontaram que 80% do rendimento total é detido por 5 a 10% dos agentes econômicos. Já o controle (das empresas que proporcionam os rendimentos) está na mão de apenas 0,61% dos acionistas. Este resultado indica que, graças aos elos nas redes, os atores econômicos alcançam um controle 10 vezes maior do que se inferiria com base em sua riqueza. Nesse sentido, evidencia-se o quanto as relações de propriedade podem influenciar o controle final da riqueza. Estruturas de propriedade podem assumir padrões complexos e seu mapeamento é importante para compreender os mecanismos de separação de propriedade e controle (GLATTFELDER, 2010).

De acordo com La Porta, Silanes e Shleifer (1999), a estrutura dos arranjos de controle pode se dar de diferentes formas: (i) direitos de voto diferenciados; (ii) pirâmides; e (iii) participações cruzadas. Também é possível distinguir os proprietários finais (controladores) em cinco tipos principais: (i) família ou indivíduos; (ii) Estado; (iii) instituições financeiras amplamente realizadas (banco ou companhia de seguros); (iv) corporações amplamente realizada; e (v) diversos, como cooperativas, associações, grupos sem controlador único.

Estruturas com direitos de voto e de fluxo de caixa diferenciados, que se afastam do princípio da proporcionalidade (regra *one-share-one-vote*) podem desajustar os incentivos entre acionistas controladores e não controladores, além de poder comprometer a organização dos mercados de propriedade e controle corporativo, gerando altos custos econômicos (EUROPEJSKA, 2007; JORDAN; LIU; WU, 2014). Além disso, a utilização de classes de ações diferenciadas, que não se enquadram na regra “uma-ação-um-voto”, acaba por não

garantir o controle simples, os acionistas controladores precisam manter fluxos de caixa significativos para assegurar seu poder. O uso de voto diferenciado para separar controle e propriedade, desta forma, não se concretiza como uma boa estratégia². Grossman e Hart (1988) e Harris e Raviv (1988) advertem que, em países com fraca proteção aos acionistas, os benefícios privados de controle são maiores, estimulando várias classes de ações.

Existem diferentes mecanismos pelos quais a regra da proporcionalidade é quebrada. Uma forma é através de ações com direito a voto múltiplo, ou seja, uma ação dá direito a mais de um voto. Esta prática acontece na Suécia e na Holanda, em que existem classes de ações em que uma ação de voto se dá por unidade de valor nominal, e outra em que uma ação corresponde a dez votos por unidade de valor nominal. Em 2014 a França aprovou a Lei Florange que introduziu a concessão de direito de voto duplo aos acionistas registrados no cartório de acionistas. Na Itália também foi aberta a possibilidade de alterar o estatuto das empresas para conceder direitos de voto duplo aos acionistas tidos como “leais”, que mantiveram as ações continuamente por mais de dois anos. Outro mecanismo se dá através de ações sem direito a voto e sem direitos especiais de fluxo de caixa (dividendo preferencial), que é o que ocorre no Reino Unido, Suíça, França e países menores da Europa. Ações sem direito a voto, mas com direitos prioritários de fluxo de caixa, as ações preferenciais, são uma terceira forma de quebrar a regra da proporcionalidade. Este tipo de ação é prevalente na Itália, Alemanha, Reino Unido, África do Sul e Brasil.

No Brasil, empresas possuem uma estrutura de classe dupla com ações ordinárias, com direito a voto na eleição do conselho e nas reuniões de ações, e ações preferenciais, com prioridade no pagamento de dividendos ou reembolso de capital em caso de liquidação. De acordo com Matos (2017), este sistema permite que os detentores de ações ordinárias controlem as empresas possuindo apenas 16,67% do capital total da empresa (mais que 50% do capital votante, dado o limite legal mínimo de 1/3 do capital total), o que é um desvio de uma ação de um voto.

Bortolon e Leal (2014) constataram que em 2000 a maioria das empresas listadas no mercado brasileiro eram de duas classes de ações. Os autores compararam seus resultados com os da pesquisa de Maury e Pajuste (2011), evidenciando que o número era muito menor na Europa, como também era significativamente menor a frequência em que o maior acionista da empresa possuía maior proporção de ações preferenciais do que ações ordinárias. No Brasil, o percentual de ações sem direito a voto no capital acionário era muito alto, cerca de 42% do capital social. Para Bortolon e Leal (2014) o Brasil pode representar o caso mais extremo entre os maiores mercados emergentes no que diz respeito a estrutura de propriedade³.

² Ver Lease, McConnell e Mikkelsen (1984), Zingales (1994), La Porta et al. (1998) e Bebchuk, Kraakman e Triantis (2000).

³ Alguns autores entendem que ações sem direito a voto sejam uma prática natural em determinada fase processo de crescimento de uma empresa, com posterior emissão de ações com direito a voto, seguida pela

Outro mecanismo aplicado à estrutura acionária para separar a propriedade do controle é chamada pirâmide. Pirâmide é a estrutura em que o controle acionário de uma empresa se dá por meio de uma cadeia de relações de propriedade, mesmo com uma pequena parcela do capital total. Quanto maior o número de empresas envolvidas na pirâmide, maior o grau de desvio da proporcionalidade entre propriedade e controle. As pirâmides tendem a se desenvolver em países com baixa proteção de acionistas e é o mecanismo mais importante ao controlar os acionistas para separar o fluxo de caixa e os direitos de controle (LA PORTA; SILANES; SHLEIFER, 1999; WOLFENZON, 1998; ALMEIDA; WOLFENZON, 2006).

Segundo La Porta, Silanes e Shleifer (1999), pirâmides são o caso da maioria dos países europeus, como Alemanha, Itália, Bélgica e países do Sudeste Asiático, Coreia, Hong Kong, África do Sul e Canadá. Nestes países, os proprietários finais são geralmente famílias, seguindo a regra de uma-ação-um-voto. Na Suécia as pirâmides têm como acionista final as famílias, com desvios da regra de proporcionalidade. Para os autores, as evidências empíricas indicam que as pirâmides são muito mais comuns em países com duas classes de ações. Contudo, segundo Almeida e Wolfenzon (2006), a existência de pirâmides não depende da separação do fluxo de caixa dos direitos de voto, mas sim do aumento dos lucros e vantagens financeiras provenientes do uso de pirâmides, mesmo seguindo a regra da proporcionalidade, dividindo os riscos ao longo da cadeia piramidal.

No Brasil, país com baixa proteção do acionista, em que existem duas classes de ações, tem-se um ambiente propício para a formação de pirâmides. Valadares e Leal (2000) analisaram a estrutura de propriedade e de controle no mercado acionário brasileiro em 1996. Neste estudo os autores afirmam que a estrutura de propriedade brasileira é bastante semelhante à vista na Europa Continental, alta concentração na participação do capital. Os autores encontraram que o mecanismo para separar a propriedade do controle se dá via utilização das diferentes classes de ações e não via pirâmides que, embora amplamente utilizadas, não teriam tal objetivo.

Leal, Silva e Valadares (2002) analisaram 225 empresas listadas na BM&FBovespa em 1998, excluindo empresas controladas pelo governo. Os autores encontraram que para as 155 empresas que não tinham um acionista controlador 34% não têm um único acionista controlador (não existe um único acionista com mais de 50% do capital votante), 44% têm pirâmides com manutenção do controle (em todos os níveis, existia pelo menos um acionista com mais de 50% do capital votante). Destas empresas, em 10% existe concentração de capital, em 11% a participação do capital é mantida, em 23% a participação do capital é reduzida e em 22% a participação indireta e direta são idênticas, não utilizando assim, a estrutura piramidal. Estes resultados indicam que a utilização de pirâmide para manter unificação da estrutura acionária, passando a seguir a regra da proporcionalidade. Para mais informações, ver Amoako-Adu e Smith (2001), Dittmann e Ulbricht (2008), Maury e Pajuste (2011).

o controle com menor participação no capital total não seria comum no Brasil. Das 121 empresas que apresentaram padrão de pirâmide com participação indireta diferente da direta, apenas em 30% há um acionista com controle mantido com redução do percentual do capital investido (na média, o acionista majoritário mantém controle com 54% do capital total, enquanto o indireto necessita de apenas 35%).

Lazarinni (2011, p. 86), utilizando a análise de redes complexas, parte da ideia de “mundo pequeno” para construir uma rede corporativa do Brasil que revelasse as ligações entre as firmas e seus proprietários. Para o autor, as “estruturas de propriedade no Brasil se caracterizam por pirâmides de controle complexas e aglomerações de proprietários.”. A conclusão do autor é que o mercado financeiro brasileiro é marcado por aglomerações interligadas entre si, com poucos atores centrais, que são, diretamente ou indiretamente, atores ligados ao governo (BNDES e fundos de pensão de estatais). Essa aglomerações surgem a partir de características essenciais das redes de propriedade brasileiras: consórcios e pirâmides de controle.

A participação cruzada ocorre quando uma empresa possui ações em seu acionista controlador ou em empresas que pertencem à cadeia de controle. Esse tipo de relacionamento reforça e consolida o poder de controle. A diferença nessa estrutura é que os direitos de voto continuam a ser distribuídos pelos acionistas (BEBCHUK; KRAAKMAN; TRIANTIS, 2000). Esta prática é comum no Japão, Coréia do Sul, países escandinavos e em alguns países da América do Sul (GRANOVETTER, 1995; LA PORTA; SILANES; SHLEIFER, 1999; DIETZENBACHER; TEMURSHOEV, 2008). No Brasil, as participações cruzadas são ilegais, como na Bélgica, França, Alemanha, Itália, Coreia e Espanha. No Japão, por exemplo, as participações cruzadas, também chamadas de conglomerados empresariais, atendem pelo nome de *keiretsu* (antigo *zaibatsu*) e são uma rede de empresas que se organizam, de maneira geral, em torno de um banco. É entendida como um sistema de governança corporativa em que o poder do banco principal é dividido com as maiores empresas e com o grupo.

9.2 Metodologia

Nesta seção é descrita a abordagem metodológica escolhida para detectar a estrutura financeira brasileira e como ela é distribuída. Esta identificação é feita a partir da construção de quatro redes principais: rede de propriedade, rede de controle, rede integrada de propriedade e rede integrada de controle.

Conforme Glattfelder (2010), o estudo de redes complexas do mundo real pode ser realizado em três níveis de análise. O Nível 1 seria a análise puramente topológica, em que as relações existem ou não existe, sintetizada através da matriz de adjacência binária. No Nível 2 a análise considera as ligações carregando informações, com pesos e direções.

No Nível 3 atribui-se variáveis de estado não-topológicas ou variáveis *fitness* modificam a topologia da rede. O fato de realizar a análise nos três níveis não garante que diferentes resultados sejam obtidos, per se. Este fato talvez explique o motivo de o Nível 3 ainda não representar o estado da arte em redes complexas de mundo real (CALDARELLI et al., 2002; GARLASCHELLI; LOFFREDO, 2004; GARLASCHELLI et al., 2005; MASI; IORI; CALDARELLI, 2006; GLATTFELDER, 2010; TACCHELLA et al., 2012).

Neste trabalho, aliadas as primeiras quatro redes, serão elaboradas mais duas, ponderadas pelo valor de mercado das empresas listadas, uma *proxy* do valor intrínseco destas. Aqui, como em Glattfelder (2010), a utilização dos três níveis produzem resultados distintos, gerando novos *insights* sobre as relações de propriedade e controle.

9.2.1 Rede de Propriedade e Controle

A rede de propriedade financeira é obtida através da relação entre acionistas e companhias, em que a porcentagem da propriedade é expressa pela fração de ações que um acionista tem de determina companhia. Na rede de propriedade os vértices são companhias listadas no mercado de capitais brasileiro e acionistas. Os acionistas podem ser companhias listadas ou entidades não listadas no mercado, como pessoas físicas, famílias, sociedades corporativas, associações, fundações, instituições públicas e outras entidades legais, bem como corporações nacionais e multinacionais. Em particular, assume-se que existe uma aresta de i para j se o acionista i detém ações da companhia j , como em Chapelle e Szafarz (2005), Glattfelder e Battiston (2009), Rotundo e D'Arcangelis (2010)⁴. Os pesos das arestas são o número de ações, expressos em porcentagem de ações detidas das companhias. Note que, caso a empresa tenha ações em tesouraria, considera-se que ela é acionista de si própria, caracterizando os laços (*loops*) nesta rede.

A análise é realizada para o Brasil, usando os dados da BM&FBovespa. A rede é composta por 416 empresas listadas e 1658 agentes (acionistas) não listados. A base de dados representa um instantâneo das relações de propriedade do final do primeiro semestre de 2017⁵. As relações de adjacência entre os vértices e os pesos dos links são descritas por uma matriz quadrada $n \times n$ não negativa \mathbf{W} . A entrada w_{ij} representa a percentagem da propriedade, ou seja, a porcentagem de ações da empresas j detida pelo acionista i . No caso não valorado, \mathbf{W} torna-se uma matriz de adjacência, binária clássica, \mathbf{A} , em que a entrada a_{ij} representa uma relação entre i e j .

Neste trabalho, propriedade e controle são considerados de maneira diferente. Existe muitas formas de se definir a construção da matriz que gera a rede de controle. As mais

⁴ Garlaschelli et al. (2005), por exemplo, aplicam o *link* na direção oposta.

⁵ Dados de propriedade poderão ser omitidos em decorrência da Instrução 69 da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), que obrigada a declaração de qualquer pessoa física ou jurídica, que atinja participação de 10% ou mais no capital de uma companhia aberta – Instrução CVM Nº 69, de 8 de setembro de 1987, §2º do art.1º.

usuais adotam o modelo de limiar (*threshold model*), assumindo que o acionista i controla a empresa j se i detém mais de 50% das ações de j , ou seja, $w_{ij} > 50\%$. Este recurso é chamado de modelo majoritário, utilizado por Glattfelder (2010), Rotundo e D’Arcangelis (2010) e Chapelle e Szafarz (2005)⁶.

No mercado brasileiro existem duas grandes classes de ações: ações ordinárias e ações preferenciais. No caso da rede de propriedade, consideram-se todas a ações com direito a fluxo de caixa, ou seja, foram utilizadas tanto as ações preferenciais, quanto as ordinárias. Para a rede de controle o importante é o direto ao voto, assim, o recorte será apenas para as ações com direito a voto, as ordinárias. Utilizando a noção do modelo de limiar, a porcentagem de ações ordinárias superior a 50% ($on_{ij} > 0.5$) indica que o acionista i detém o controle único da empresa j , é o controlador final. Neste caso, o controle dos outros acionistas de j é considerado nulo.

Levando isso em conta, a rede de controle é construída a partir através da matriz de adjacência modificada $\mathbf{C} = [c_{ij}]$, em que:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } on_{ij} > 0.5 \\ 0 & \text{se } \exists k \neq i : on_{kj} > 0.5 \\ on_{ij} & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (9.1)$$

Nota-se que no caso de não haver um controle direto sobre a empresa j , (i.e. $on_{kj} \leq 0,5$ para todos os acionistas k da companhia j), os valores da rede de propriedade são mantidos.

9.2.2 Rede Integrada de Propriedade e Controle

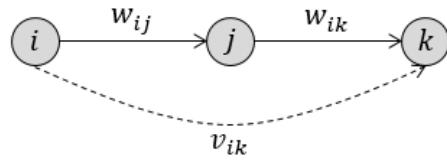
As redes de propriedade e controle definidas na seção anterior, consideram a interação direta entre os agentes. Contudo, a dispersão da propriedade e do controle pode se dar de diferentes formas, podendo tornar ocultas algumas importantes relações entre acionistas e companhias através de um complexo sistema de relações indiretas. O foco agora é investigar como a propriedade e o controle se propagam para além dos vizinhos. Para este fim, buscou-se um método que permitisse detectar a propriedade e o controle através de uma cadeia de acionistas, evidenciando o proprietário e o controlador final. A metodologia aqui segue os trabalhos de Baldone, Brioschi e Paleari (1998), Chapelle e Szafarz (2005), Turnovec (2005) e Rotundo e D’Arcangelis (2010), identificando as matrizes integradas de propriedade e controle.

A propriedade, então, pode ser obtida também através de empresas intermediárias, gerando uma cadeia de propriedade, identificada na rede por um caminho. Se i possuir

⁶ Outros valores de limiar para definir controle foram propostos na literatura. La Porta, Silanes e Shleifer (1999), por exemplo, trabalhou com limiar variando entre 10% e 20%.

ação de j , isso corresponde à existência de uma aresta com origem em i e destino em j , com peso igual a porcentagem de ações que i detém de j , w_{ij} . Se, por sua vez, j possui ações de k , haverá um aresta ponderada de j para k . Por consequência, pode-se identificar que existe uma conexão entre i e k , através de um caminho (passando por j), com peso $v_{ik} = w_{ij}w_{jk}$. Isto é o mesmo que dizer que i possui k via j , ou seja, i tem uma propriedade indireta de k - Figura 21.

Figura 21 – Propriedade integrada



Fonte: Elaboração própria.

O conhecimento das relações de propriedade permite estimar os reais possuidores da riqueza, gerando também uma noção de detentores do controle. De fato, uma empresa i tem controle de j se i detiver ao menos 50% de j , mas também se houver uma cadeia de propriedade começando em i e terminando em j tal que o peso em cada aresta é maior que 50%. Isto implica que o controle de j por i pode ser obtido também se i tiver um nível muito baixo de ações de j .

A matriz quadrada $n \times n$ $\mathbf{W} = [w_{ij}]$, representa a propriedade cruzada direta na rede. A condição a seguir permite a existência de proprietários secundários:

$$\sum_{i=1}^n w_{ij} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (9.2)$$

De fato, se uma empresa j é diretamente totalmente detida, a soma da coluna correspondente na matriz \mathbf{W} é igual a 1. Como consequência, a condição 9.2 permite a existência de propriedade indireta, sendo algum porcentual da empresa j indiretamente detido.

A computação de propriedade integrada recorre a k -ésima potência da matriz \mathbf{W} , construindo a matriz $\mathbf{Y} = [y_{ij}]$ somando todas as propriedades diretas transitivas⁷:

$$\mathbf{Y} = \sum_{k=1}^{\infty} \mathbf{W}^k = (\mathbf{I} - \mathbf{W})^{-1} \mathbf{W} \quad (9.3)$$

O cálculo por meio da fórmula 9.3 implica em somar as mesmas ações em cada nível de propriedade. Portanto, a soma de todas as ações detidas por acionistas diretos e

⁷ As condições de convergência da série do termo \mathbf{W}^k para a matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{W})^{-1} \mathbf{W}$ são satisfeitas para a rede de propriedade, uma vez que o raio espectral é menor que 1.

indiretos de uma empresa j pode exceder 1 (100%). Para evitar a questão da contagem dupla, constrói-se a seguinte matriz:

$$\mathbf{V} = (\text{diag}(\mathbf{u} - \bar{\mathbf{w}}))\mathbf{Y} \quad (9.4)$$

que é obtida pré-multiplicando \mathbf{Y} pela matriz diagonal $\text{diag}(\mathbf{u} - \bar{\mathbf{w}})$, sendo $\mathbf{u}_i = 1$ para todo i elementos e $\bar{\mathbf{w}} = \mathbf{W}^T \mathbf{u}$.

O procedimento descrito também é usado para avaliar o controle integrado, por meio da série de potência da matriz⁸ \mathbf{C} :

$$\mathbf{Z} = \sum_{k=1}^{\infty} \mathbf{C}^k = (\mathbf{I} - \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C} \quad (9.5)$$

Definidas as quatro principais redes, medidas de centralidade e avaliações topológicas podem ser realizadas.

9.2.3 Medidas de Centralidade

A importância dos acionistas e das empresas na rede de propriedade e controle é acessada através de algumas medidas de centralidade. As medidas foram escolhidas a partir das mais adequadas para descrever os acionistas e empresas mais proeminentes em relação à propriedade e controle sobre os demais, que são as centralidades de grau, de força e de fluxo de intermediação.

Sendo as redes orientadas, as medidas de centralidade podem ser distinguidas entre “de entrada” (*indegree* e *instrength*) e “de saída” (*outdegree* e *outstrength*). A centralidade de grau de entrada, k_i^{in} , analisa os *links* recebidos, quantificando o número de diferentes acionistas da companhia i . Esta centralidade só terá valores positivos para as 416 empresas listadas, para as demais será igual a zero. A centralidade de grau de saída, k_i^{out} , mede as arestas egressas e quantifica o número de diferentes empresas detidas por i . Assim, um alto valor de grau de saída indica que o acionista i tem ações de um grande número de empresas, representando uma medida de diversificação de portfólio de i . O valor total da centralidade de grau considera tanto os links de saída como de entrada, sendo, então $k_i^{tot} = k_i^{in} + k_i^{out}$.

A centralidade de grau só conta o número de arestas, mas não a intensidade destas. Assim, para considerar o peso dos links, ou seja, a porcentagem de ações das relações, a

⁸ Também aqui as condições de convergência da série do termo \mathbf{C}^k para a matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}$ são satisfeitas para a rede de controle, já que o raio espectral é menor que 1.

centralidade de força, s_i , do vértice i é uma mediada mais adequada:

$$s_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (9.6)$$

Com as arestas tendo direção, na medida de força também considera a entrada e saída das arestas. A centralidade de força de entrada, s_i^{in} , mede a porcentagem de ações que todos os acionistas de i possuem. Neste caso, também só há valores positivos para as empresas listadas, em que $s_i^{in} \approx 1 = 100\%$. A medida de força de saída, s_i^{out} , mede o total de participação que o acionista i detém das empresas de seu portfólio.

9.2.4 Assortatividade

Um índice global da topologia de rede é a assortatividade. Esta medida é definida pelo coeficiente de correlação de Pearson entre os graus de pares de vértices adjacentes, variando entre -1 e 1 (NEWMAN, 2002):

$$r = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} k_i k_j - [\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i + k_j)]^2}{\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i^2 + k_j^2) - [\frac{1}{m} \sum_{i \sim j} \frac{1}{2}(k_i + k_j)]^2} \quad (9.7)$$

em que k_i , k_j são as centralidades de grau dos vértices, m é o número dos links e $i \sim j$ significa que i adjacente a j . Se o coeficiente for positivo, diz-se que a rede é assortativa, o que significa que vértices de grau semelhante tendem a ser conectados entre si. O oposto ocorre quando o coeficiente é negativo, chamada de disassortativa, em que os vértices de grau elevado tendem a ser conectar com os de menor grau e vice-versa.

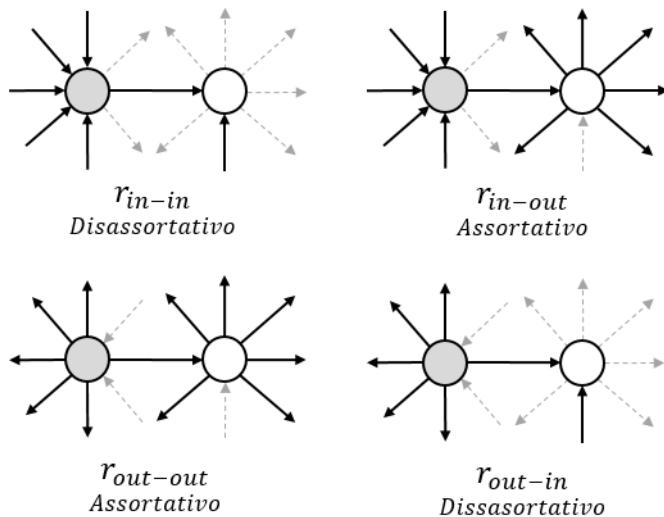
A definição original da medida de assortatividade refere-se a redes não direcionadas e não ponderadas. Contudo, redes que apresentam direção são necessárias para representar sistemas complexos com interações assimétricas⁹. A despeito dessa importância a avaliação da tendência de vértices com semelhantes números de arestas se conectarem foram desconsideradas, negligenciando o estudo das propriedades estruturais de redes de mundo real. Redes dirigidas podem apresentar estrutura diversa, não podendo ser classificadas como puramente assortativas ou disassortativas, mas uma mistura das duas (FOSTER et al., 2010).

Neste trabalho, aplica-se o cálculo de assortatividade considerando as direções. Assim, são quatro os coeficientes a serem analisados: (i) r_{in-in} - entre k_i^{in} e k_j^{in} ; (ii) r_{in-out} - entre k_i^{in} e k_j^{out} ; (iii) $r_{out-out}$ - entre k_i^{out} e k_j^{out} ; (iv) r_{out-in} - entre k_i^{out} e k_j^{in} .

⁹ No atual estágio da literatura, o estudo de assortatividade está em voga. Os pesquisadores procuram refinar ainda mais os cálculos de maneira a não negligenciar características fundamentais da rede, como direção e peso, por exemplo. Pode-se citar alguns trabalhos nesse desenvolvimento, como Foster et al. (2010), Noldus e Mieghem (2015) e Arcagni et al. (2017).

A Figura 22 oferece exemplos de como seriam as relações, lembrando que cada uma das quatro medidas pode apresentar-se como assortativa, disassortativa ou neutra.

Figura 22 – Relações entre os vértices: exemplos de relações assortativas e disassortativas



Fonte: Elaboração própria com base em Foster et al. (2010, p. 10816)

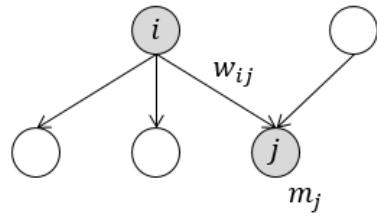
No exemplo, as arestas em pontilhado cinza indicam que os vértices podem ter qualquer número de arestas, não entrando correlação específica. Tem-se o exemplo de uma relação assortativa entre dois nós do ponto de vista da centralidade de grau de saída ($r_{out-out}$), indicando que o nó cinza, quem tem muitas arestas saindo, se relaciona com o nó branco que tem o mesmo padrão, muitas arestas saindo. O oposto ocorre quando verificada a correlação entre o grau de saída de cinza e o grau de entrada do branco (r_{out-in}), neste caso, o cinza, com muitos *links* saindo, está relacionado com o branco, com poucos *links* entrando, apresentando padrão disassortativo.

9.2.5 Propriedade e controle: o valor de mercado como ponderador

Até aqui foram calculadas diferentes medidas que dependem da direção e do peso das arestas. Agora uma variável não topológica de estado será adicionada, de maneira a mensurar o tamanho e a importância dos vértices. Para redes de propriedade e controle uma escolha natural é o valor de mercado das empresas, m_j .

A Figura 23 exemplifica a rede de propriedade ponderada. Os vértices representam os acionistas e as empresas, as arestas com direção e peso w_{ij} , que representam o percentual de propriedade que o acionista i detém da empresa j . Os nós que representam empresas possuem uma variável de estado não-topológica, m_j .

Figura 23 – Propriedade de Propriedade Ponderada



Fonte: Elaboração própria.

O valor de m_j atua como *proxy* do valor subjacente da empresa j . Na literatura, a escolha da variável de ponderação do valor ou do tamanho da empresa varia, sendo as alternativas mais comuns o valor de mercado da empresa, as ativos totais ou a receita operacional. Seguindo Glattfelder (2010), utilizou-se o valor de mercado da empresa, em milhares de reais, extraído da base Economatica (2018), para valores do fechamento do primeiro semestre de 2017.

Em um primeiro momento, tem-se a questão de quanta riqueza os acionistas possuem, ou seja, o valor de suas carteiras. Uma medida natural derivada da utilização do valor de mercado das empresas é o valor do portfólio do acionista i , ou seja, quanta riqueza os acionistas possuem:

$$pw_i = \sum_{j \sim i} w_{ij} m_j \quad (9.8)$$

em que $j \sim i$ é o conjunto de índices dos vizinhos de i . Matricialmente, a equação 9.8 pode ser descrita por $\mathbf{pw} = \mathbf{Wm}$. Por extensão, pode-se mensurar o valor do controle, utilizando a rede de controle, $\mathbf{pc} = \mathbf{Cm}$. Um alto valor de pc_i indica que i controla uma carteira com um alto valor de mercado, sendo de suma importância para a análise de controle do âmbito global da estrutura.

9.3 Resultados

Nesta seção são relatados os resultados obtidos ao estudar a estrutura de propriedade do mercado brasileiro, para o ano de 2017, de diferentes perspectivas¹⁰. Inicialmente, a rede de propriedade é estudada, passando pela análise de rede de propriedade integrada ou indireta, obtida aplicando a metodologia descrita na seção 9.2.2. Como segundo passo, a partir da rede de controle construída considerando apenas as ações com direito à voto

¹⁰ Todas as análises foram realizadas usando R e o pacote *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006).

de uma perspectiva conservadora (acima de 50%), também é obtida a rede de controle integrado ou direto.

Com base nestas quatro redes, medidas de centralidade são avaliadas, bem como a assortatividade. Passando para expansão dos resultados, as tradicionais mensurações de centralidade são estendidas em duas outras medidas, usando noções de ponderação. Com objetivo de refinar ainda mais a análise, as relações acionárias das redes de propriedade e controle obtidas foram escalonadas pelo valor de mercado das companhias, de forma a obter a importância de mercado destas relações de propriedade e controle, bem como o poder de mercado originado destas.

9.3.1 Análise das redes de propriedade e de controle

A primeira rede analisada é a rede de propriedade, a mais geral das redes - Figura 24. Aqui, consideram-se todos os direitos de fluxo de caixa, sem discriminar se há poder de voto ou não. Essa rede conta com 2074 vértices e 2100 arestas e contém 269 componentes conexos¹¹, a grande maioria de tamanho pequeno e um componente gigante com 1061 vértices, correspondendo a 51,16% do total. Os membros mais importantes dessa rede de propriedade, levando em consideração a centralidade de grau e a centralidade de força, estão localizados nesse componente.

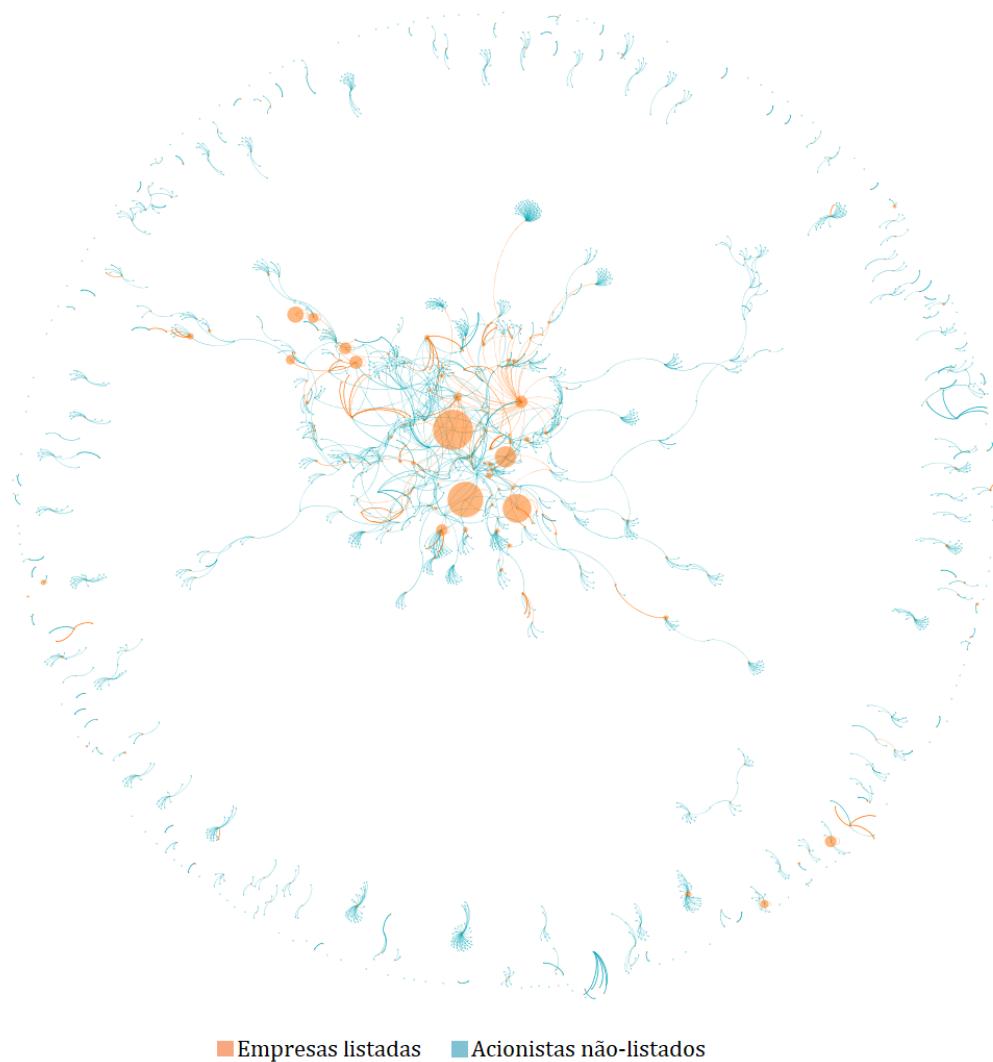
Na figura 24 os vértices em laranja representam as empresas listadas e o tamanho do das arestas acompanha o quanto os acionistas detêm destas. O tamanho dos vértices, por sua vez, representam o quanto de diferentes empresas tal agente possui, assim, quanto maior a diversificação do portfólio, maior é o nó.

Para a análise tomado por base o Nível 1, sem peso e direção nas arestas, os vértices mais importantes da rede de propriedade são: Cia. de Fiação e tecidos Cedro e Cachoeira, com 51 acionistas não tendo propriedade de outra empresa, Dimed Distribuidora de Medicamentos, com ações de uma companhia e 43 proprietários, BNDESPar, com apenas 1 acionista (o BNDES) e propriedade de 34 outras empresas, Weg, proprietária de 1 e com 33 acionistas, e Fleury, com 33 acionistas e sem propriedade de outras.

Seguindo para o nível 2 de análise, considerando o peso das arestas e a suas direções, informações mais completas sobre a estrutura de propriedade podem ser adquiridas. A Tabela 6 informa os acionistas com a maior centralidade de grau e de força de saída. A centralidade de grau de saída representa a diversificação de portfólio, medindo, assim, as empresas que tem em sua carteira um maior número de diferentes empresas, independente

¹¹ Aqui é considerada a noção fraca de conectividade. Quando considerado o conceito de componente forte, a rede apresente 2074 componentes, ou seja, cada vértice é um componente, não havendo ciclos também - um componente forte de um grafo é qualquer conjunto X de vértices que seja maximal com relação a propriedade de que para todo par (x, x') de elementos de X existe um caminho de x a x' e também de x' a x .

Figura 24 – Rede de Propriedade Brasileira



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

do percentual de ações detido. A centralidade de força de saída mede a quantidade, em percentual, de ações detidas pelo acionista, mensurando, o peso o peso da propriedade.

O acionista com maior diversificação de portfólio é o BNDESPar, subsidiária integral do BNDES, uma empresa pública com recursos provenientes do Tesouro Nacional. O BNDESPar tem participação em 34 empresas, com 0,14% do valor de mercado sob o seu domínio. Na segunda posição aparece o maior fundo de pensão da América Latina, a Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil (PREVI), com recursos em 19 diferentes companhias, representando 0,08% do valor de mercado. O BNDESPar e a PREVI também são destaques quando considerado o montante de ações detidas, cerca de 462% e 349%, a terceira e sexta maiores do mercado, respectivamente.

O terceiro maior proprietário em termos de participação em diferentes companhias

Tabela 6 – Rede de Propriedade: centralidade de grau e de força de saída

Nome dos Proprietários	k_{out}	Setor Econômico
BNDESPar	54	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
PREVI	19	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
BlackRock, Inc.	17	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estrangeiro)
PETROS	11	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Eletrobras	10	Utilidade Pública - Eletricidade (Estado)
Nome dos Proprietários	s_{out}	Setor Econômico
Neoenergia S.A.	5,0731	Utilidade Pública - Eletricidade
GP Holdings	4,9999	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos (Estrangeiro)
BNDESPar	4,6202	Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
CPFL Energia S.A.	4,0000	Utilidade Pública - Eletricidade
Opportunity Holding	3,9303	Financeiro e outros - Fundos de Ações
PREVI	3,4923	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Eletrobras	3,0466	Utilidade Pública - Eletricidade (Estado)

Fonte: Resultados da pesquisa.

é o maior gestor de ativos financeiros do mundo, BlackRock, com 17 empresas em sua carteira. A BlackRock administra 6,3 trilhões de dólares em ativos, segundo a divulgação de resultados no último trimestre de 2017, cerca de sete vezes mais do que o valor de mercado de todas as empresas negociadas no mercado aberto brasileiro, 2,7 trilhões de reais (fechamento primeiro semestre de 2017). No Brasil, a BlackRock administra cerca de 323 milhões de reais, apenas 0,001% do valor de mercado das empresas brasileiras.

Destaca-se entre os proprietários com carteira mais diversificada a Fundação Petrobras de Seguridade Social (PETROS), um fundo de pensão dos funcionários da Petrobras e de outras empresas, com 11 empresas em sua carteira e 0,06% do valor de mercado. A PETROS é o segundo maior fundo de pensão da América Latina, com apenas 26% dos investimentos em aplicados à renda variável (dados do fechamento de 2016, último disponível).

A Eletrobras é uma sociedade de economia mista, sobre controle do Governo Federal brasileiro, que atua como holding no setor elétrico, na geração, transmissão e distribuição. Tem em seu portfólio 10 diferentes empresas, que equivalem a 0,01% do valor de mercado. Curiosamente, entre as cinco empresas com maior diversificação de portfólio, duas são estatais, BNDESPar e Eletrobras, e outra, a PREVI, tem forte influência do Estado. Embora a PREVI seja um fundo privado, seu conselho de administração é composto pelo Banco do Brasil, com 50% dos votos, e pelo voto direto dos participantes do fundo (bancários ou funcionários do próprio fundo). Banco do Brasil é uma instituição financeira de economia mista, controlada principalmente pelo Governo Federal brasileiro.

A Neoenergia, holding do Grupo Neoenergia, o maior grupo privado do setor elétrico brasileiro em termos de número de clientes. Esta empresa possui em seu portfólio seis empresas do setor de energia e, para cinco delas, é acionista majoritário. O total da

porcentagem de ações sob propriedade da Neoenergia é de cerca de 507,31%, com valor de mercado equivalente a 0,03%.

A GP Holdings gerencia investimentos em seis principais setores (energia, desenvolvimento imobiliário, comércio, serviços, petróleo e gás e administração hoteleira), em mais de 15 países. Esta empresa possui cinco subsidiárias no Brasil, fazendo com que seu s_{out} seja praticamente 500%. A mesma situação ocorre com a CPFL Energia, o maior grupo não estatal de geração e distribuição de energia elétrica do Brasil, que possui 4 subsidiárias no setor de energia. O mesmo para a BR Properties, líder no mercado imobiliário brasileiro, que é controlada pela GP Real Properties II, LP, gestora de fundos do grupo GP Investments, com quatro securitizadoras em seu portfólio (400%).

O Opportunity Holding Fundo de Investimentos e Participações, com apenas quatro empresas em seu portfólio, é a terceira maior empresa do ponto de vista da porcentagem da participação acionária, tendo quase total das ações das quatro empresas. Contudo, do ponto de vista do valor de mercado, esta empresa detém apenas 0,0000012% do valor de mercado.

A União Federal, com sete empresas em sua carteira, é um dos dez acionistas com maior quantidade percentual de ações no mercado. É o maior acionista de três bancos – Banco Amazônica (0,51%), Banco do Brasil (0,5073%), Banco do Nordeste do Brasil (0,51%) –, e da Telebras (0,5761%), Petrobras (0,5026%) e Eletrobras (0,51%), além de ter uma participação significativa na Eletropaulo (0,2392%). O montante de ações detidas pela União Federal soma 19,53 bilhões de reais, 0,7340% do mercado.

Olhando as relações diretas na rede de propriedade, pode-se destacar alguns fatos. O primeiro é o grande destaque das instituições financeiras como acionistas, principalmente na diversificação de portfólio. A forte presença do Estado, através das estatais e também de empresas ligadas a estas, também merece destaque. Outro fato que também pode ser inferido é a verificação, através de simples recursos, do encadeamento de ações dos grandes acionistas. O exemplo é a União Federal, proprietária de um grande percentual de ações, com a Eletrobras em seu Portfólio, que, por si só, é uma das empresas com grande diversificação de portfólio.

Uma maneira de considerar estas relações indiretas de propriedade é através da rede integrada de propriedade. Esta rede fornece as informações das relações de propriedade tomando os “intermediários”, revelando alguns importantes aspectos – Figura 25.

Por meio de uma simples inspeção da rede (veja as figuras 24 e 25), a propriedade indireta parece ser significativamente diferente da propriedade direta. No entanto, existe uma alta correlação entre as redes, de 0,87, indicando uma semelhança entre elas. Dentre estas a prevalência das instituições financeiras e forte presença do estatal. Analisando as medidas de centralidade para as relações indiretas, pode-se verificar alguns detalhes

Figura 25 – Rede Integrada de Propriedade



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

acionais - Tabela 7.

O BNDES se torna o acionista com o portfólio mais diversificado, participando de 48 milhões de dólares em empresas diferentes. O BNDESPAR é a holding do BNDES, portanto mais da metade do portfólio do BNDES é dado através do BNDESPAR (28 empresas). Considerando a propriedade direta, o BNDES possui apenas 3 empresas em seu portfólio. A PREVI e a BlackRock aumentam suas participações em relação à propriedade direta, de 19 para 35 e de 17 para 26, respectivamente. A União Federal também faz parte do grupo com maior diversificação de portfólio, pois possui neste grupo empresas com alto k_{out} , passando de apenas 7 empresas com participação direta para 21 com propriedade indireta. O mesmo ocorre com a FIA Dinâmica Energia, que passa de 3 empresas em sua carteira para 20, considerando as relações indiretas. A empresa é acionista exclusiva

Tabela 7 – Rede integrada de propriedade: centralidade de grau e de força de saída

Nome do Proprietário	k_{out}	Sector Econômico
BNDES	59	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
PREVI	35	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
BlackRock, Inc.	26	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estrangeiro)
União Federal	21	Administração Pública (Estado)
FIA Dinâmica Energia	20	Financeiro e outros - Fundos de Ações
PETROS	16	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Nome do Proprietário	s_{out}	Sector Econômico
BNDES	7,1215	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
PREVI	7,2499	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Citigroup VC Inter. Brazil	6.4152	Financeiro e outro - Intermediários Financeiros
GP Holdings	4.9999	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos (Estrangeiro)
União Federal	4,7273	Administração Pública (Estado)
Opportunity Holding	3,9303	Financeiro e outros - Fundos de Ações

Fonte: Resultados da pesquisa.

da Dinâmica Energia, além de acionista minoritária da Eletrobras e da CEMIG, todas empresas pertencentes ao setor de energia. Ao ter ações de empresas que possuem muitas ações, a participação indireta aumenta consideravelmente.

Considerando o peso das ações detidas, há um aumento no percentual quando comparado à participação direta em quase todas as empresas anteriormente apresentadas. A BNDES torna-se a empresa com maior percentual de ações: de 113,77% passa a ter em sua propriedade 712,15%. PREVI também surpreende ao dobrar o percentual em sua propriedade com relação as relações diretas, assim como Citigroup.

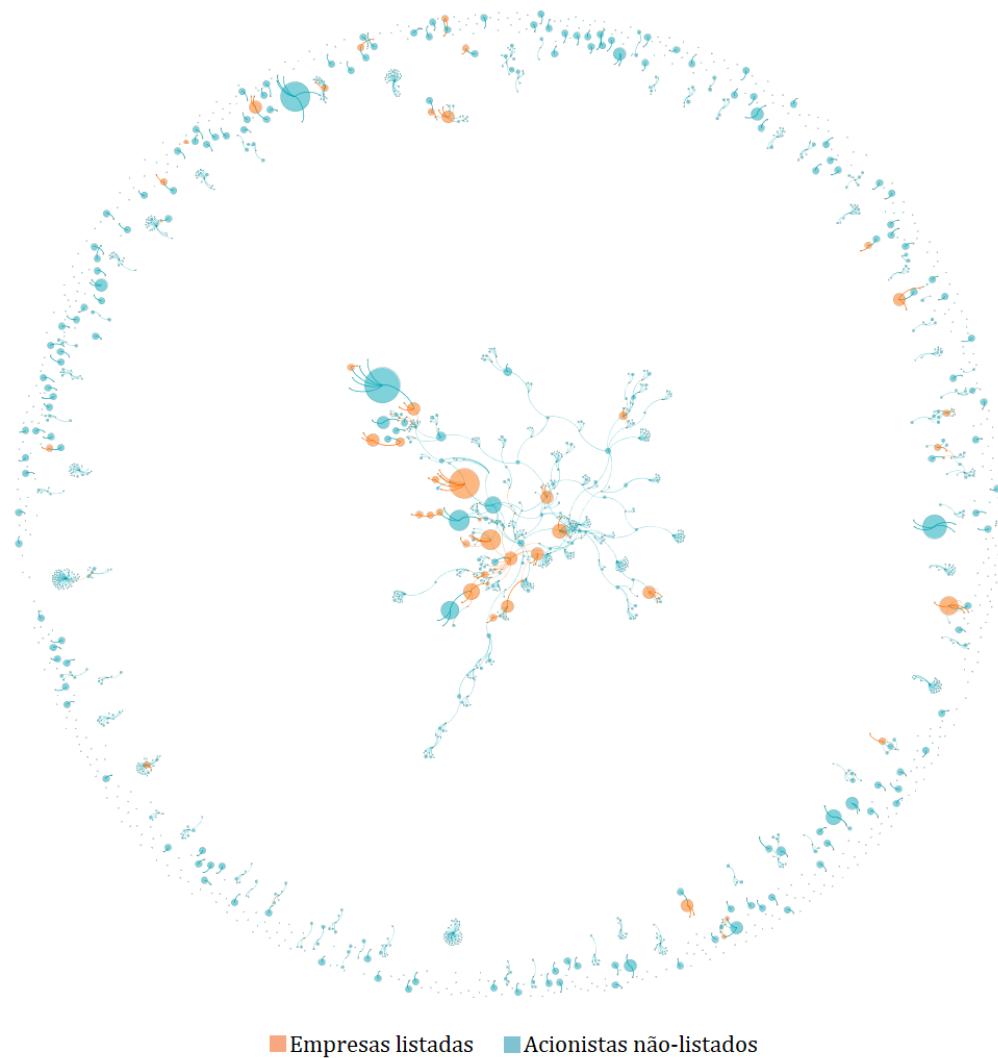
9.3.2 Rede de controle: ações com direito a voto

A análise de controle é realizada considerando apenas as ações ordinárias, que tem direito a voto. O controle de uma empresa se baseou na definição conservadora de limiar: se a companhia possui mais de 50% das ações ordinárias. Nesta rede, os 2074 vértices são conectados por 1479 arestas, 70,43% dos links da rede de propriedade. A rede de controle possui um número maior de componentes conexas, 725 grupos (2,7 vezes a mais que a rede de propriedade), um componente gigante com 546 vértices (26,33%), quase o dobro da rede de propriedade. A figura 26 mostra a rede para o controle do mercado financeiro brasileiro.

As medidas de centralidade calculadas para a rede de controle são relatadas na Tabela 8. No que diz respeito à diversificação da carteira (k_{out}), o ranking da rede de propriedades é preservado.

A União Federal tem um aumento considerável quando se considera o controle. Como proprietária, a União Federal detinha 277.76% e 472%, nas relações diretas e indiretas

Figura 26 – Rede de Controle Brasileira



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

respectivamente. Na ótica do controle direto, a União Federal passa para 600%, mais do que o dobro da propriedade direta. Neoenergia e GP Holding permanecem no topo, com pouca variação (queda) na porcentagem de ações.

A rede integrada de controle não apresenta um padrão muito distinto da rede de controle - Figura 27. A evidência se dá para os acionistas não listados, que assumem preponderância na rede. O tamanho dos vértices também mostra aparência diversa, sendo mais assimétricos, mostrando uma concentração do controle maior.

Considerando as centralidades para a rede de controle indireto, o padrão também permanece semelhante, porém alguns resultados merecem destaque - Tabela 9. O BNDES novamente aparece como um substituto da BNDESPar, aumentando o número de empresas

Tabela 8 – Rede de Controle: centralidade de grau e de força de saída

Nome do Controlador	k_{out}	Sector Econômico
BNDESPar	15	Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
BlackRock, Inc.	9	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estrangeiro)
PREVI	9	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
PETROS	8	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Name	s_{out}	Business Sector
União Federal	6,000	Administração Pública (Estado)
Neoenergia S.A.	5,0000	Utilidade Pública - Eletricidade
GP Holdings	5,0000	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos (Estrangeiro)
Opportunity Holding	4,0000	Financeiro e outros - Fundos de Ações
Citigroup VC Inter. Brazil	3,4033	Financeiro e outro - Intermediários Financeiros
CPFL Energia S.A.	3,3333	Utilidade Pública - Eletricidade
BR Properties	3,0037	Financeiro e outros - Exploração de Imóveis

Fonte: Resultados da pesquisa.

em sua carteira de 15 para 24 empresas, o que praticamente duplica o poder de controle do BNDES, tornando-o o maior controlador do mercado acionário brasileiro. A BlackRock que detinha controle de ações de 9 empresas, no controle indireto passa para 13 e cai uma posição.

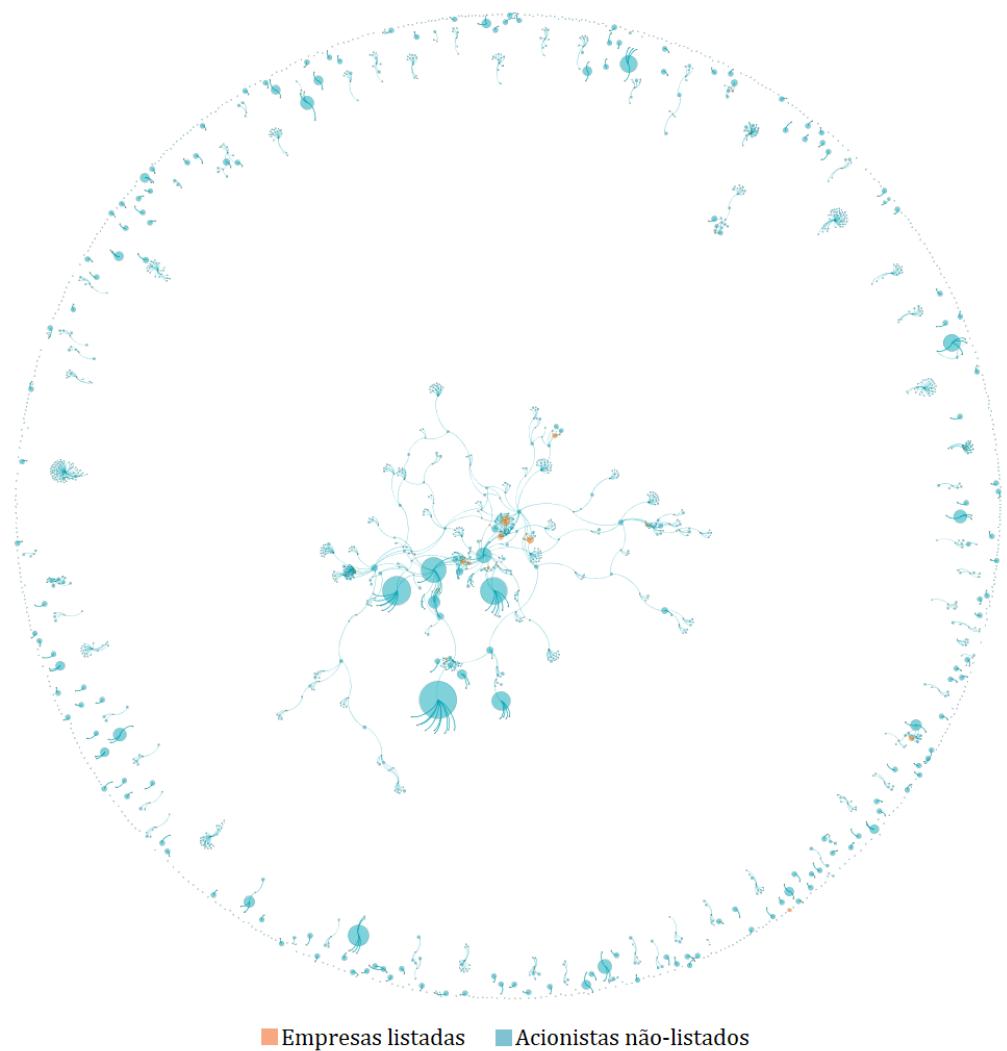
Tabela 9 – Rede integrada de controle: centralidade de grau e de força de saída

Nome	k_{out}	Sector Econômico
BNDES	24	Serviços Financeiros Diversos (Estatal)
PREVI	21	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
BlackRock, Inc.	13	Financeiro e outros - Serviços Financeiros Diversos (Estrangeiro)
PETROS	12	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
Nome	s_{out}	Setor Econômico
União Federal	9,0483	Administração Pública (Estado)
Citigroup VC Inter. Brazil	6,8300	Financeiro e outro - Intermediários Financeiros
Governo de Minas Gerais	6,4067	Administração Pública (Estado)
PREVI	6,0155	Financeiro e outros - Previdência e Seguros
GP Holdings	5,0000	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos (Estrangeiro)
BTG Pactual Holding	4,3637	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos
GP Real Properties	4,0145	Financeiro e outros - Gestão de Recursos e Investimentos
Opportunity Holding	4,0000	Financeiro e outros - Fundos de Ações
BNDES	3,5161	Serviços Financeiros Diversos (Estatal)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Passando para o segundo lugar, a PREVI aumenta significativamente seu controle, passando de 9 empresas em sua carteira de controle para 21. Sob a perspectiva da quantidade percentual de ações sob controle indireto, a União Federal volta ao topo, ampliando seu controle para 905,83%, 3,2 vezes a mais do que a propriedade direta e 1,5 vezes que o controle direto. O Citigroup dobra o percentual de ações sob seu controle, considerando as relações indiretas.

Figura 27 – Rede Integrada Controle



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

Concluindo a análise, pode-se relacionar as redes elaboradas - Tabela 10.

Tabela 10 – Correlações entre as redes de propriedade e controle

	Rede de Propriedade	Rede Integrada de Propriedade	Rede de Controle	Rede Integrada de Controle
Rede de Propriedade	1			
Rede Integrada de Propriedade	0,8716758	1		
Rede de Controle	0,9200557	0,8162698	1	
Rede Integrada de Controle	0,7573772	0,8959893	0,8471822	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pode-se verificar que as redes são todas altamente correlacionadas. A rede de

Tabela 11 – Medida de Assortatividade: correleção das centralidades de grau

Rede de Propriedade		Rede Integrada de Propriedade	
r_{out-in}	-0,1313	r_{out-in}	-0,0762
$r_{out-out}$	0,0808	$r_{out-out}$	0,0687
r_{in-out}	0,03260	r_{in-out}	0,0648
r_{in-in}	-0,0440	r_{in-in}	0,0312
Rede de Controle		Rede Integrada de Controle	
r_{out-in}	-0,1525	r_{out-in}	-0,1482
$r_{out-out}$	0,1101	$r_{out-out}$	0,0860
r_{in-out}	0,0700	r_{in-out}	0,0838
r_{in-in}	-0,0226	r_{in-in}	0,0245

Fonte: Resultados da pesquisa.

propriedade e a rede de controle apresentam alta correlação, de 0,92, indicando que existem muitas ações ordinárias detidas mais de 50% por apenas um acionista. Por sua vez a correlação da rede de propriedade com a rede integrada de controle cai para 0,75, sinalizando que o controle se dá indiretamente, resultado corroborado pela correlação da rede integrada de controle com as demais.

9.3.3 Assortatividade: relações entre as centralidades de grau

A mensuração de como agentes da rede de propriedade se relacionam entre si através da correlação da centralidade de grau é dada pelo cálculo da assortatividade. A medida de assortatividade é calculada considerando a direção das arestas é apresentada na Tabela 11.

A assortatividade entre o grau de saída e o grau de entrada, r_{out-in} , significa a relação entre acionistas e empresas. Para a rede de propriedade, essa relação pode ser caracterizada como disassortativa (-0,1313), ou seja, indica que vértices com diferentes graus tendem a estar conectados entre si. Assim, os acionistas com grande diversificação de portfólio estão conectados com empresas que não são detidas por muitas empresas. Considerando as relações indiretas de propriedade o padrão permanece, porém com impacto menor (-0,0762).

Acionistas e empresas têm o mesmo relacionamento na rede de controle. Controladores com grande diversificação de portfólio estão conectados com empresas que não possuem muitos controladores tanto nas relações direta (-0,1525), como quando consideradas as relações indiretas (-0,1482). Nestes casos, pode-se interpretar as relações de propriedade e de controle como uma estrutura hierárquica, formando o padrão de pirâmides.

Outro resultado interessante é $r_{out-out}$, que representa a relação entre os acionistas. Para todas as redes, esse valor é positivo, indicando padrões de assortatividade, sendo mais

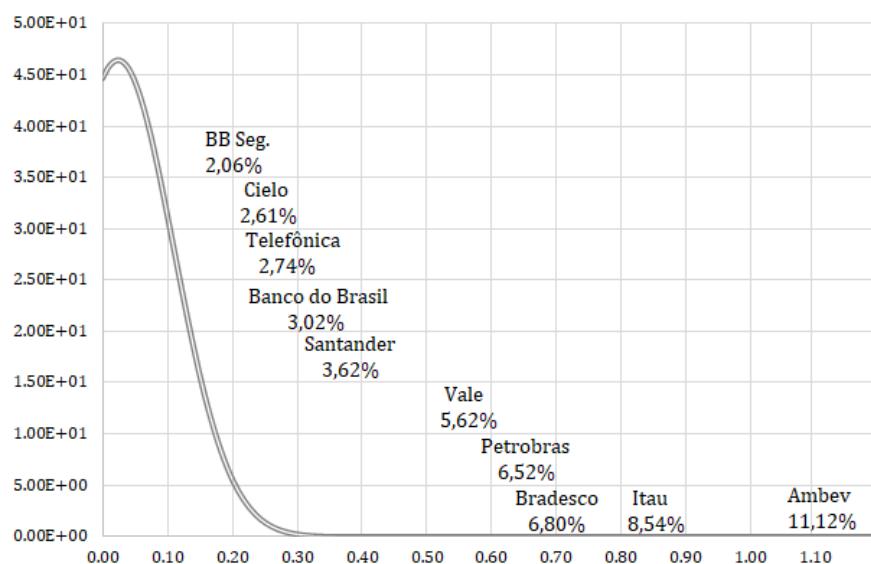
significativo (-,1101) para a rede de controle, em que em que os acionistas controladores se relacionam com outros acionistas controladores com semelhante diversificação de portfólio (em números). Assim, acionistas com poucas empresas em seu portfólio, principalmente do ponto de vista do controle, tem em sua carteira empresas que também têm controle de poucas. Do mesmo modo, acionistas com controle de muitas empresas tem ações de empresas que também controladoras de muitas companhias. Isso, além de reforçar o padrão piramidal, pode ser interpretado como o caso de “grandes demais para fracassar” (“*too big to fail*”): empresas grandes e interconectadas apoiadas pelo governo. Grandes empresas não quebram sozinhas, porque estão conectadas por estarem protegidas pelo governo.

A medidas r_{in-out} e r_{in-in} podem ser interpretadas como neutras, não sendo possível fazer referência sobre o padrão de correlação entre as centralidades de grau de entrada e saída e as de entrada, respectivamente.

9.3.4 Ponderação pelo valor de mercado

O valor de mercado das empresas listadas no final do primeiro semestre de 2017 totalizou cerca de 2,6 trilhões de reais. Este valor não é bem distribuído, já que o valor médio das empresas é cerca de 6,3 bilhões de reais, com desvio-padrão de 8,7 bilhões, enquanto a mediana é 0,6 bilhões. A desigualdade se torna mais clara quando 10% das empresas listadas representam 77% do total do valor de mercado. A Figura 28 mostra a distribuição da participação no valor de mercado das empresas listadas.

Figura 28 – Distribuição do valor de mercado das empresas listadas



Fonte: Resultados da pesquisa utilizando dados da base Economatica (2018).

A Ambev é a empresa com maior valor no mercado aberto brasileiro, representando

11,12% do mercado, cerca de 295 bilhões de reais. Outras empresas que se destacam são os bancos Itau e Bradesco, seguidos pela Petrobras e Vale, Bancos Santander e do Brasil, Telefônica, Cielo e BB Seguros. Essa discrepância no valor das empresas, implica em significativo efeito no valor do portfólio dos acionistas, bem como no poder de controle efetivo, advindo do controle de empresas com alto valor de mercado.

Assim, parte-se para a análise das redes de propriedade e controle, utilizando o valor de mercado como ponderador. A figura 29 mostra as quatro redes ponderadas pelo valor de mercado. Aqui, o tamanho do vértice passa a considerar o valor do portfólio dos acionistas. Em ambas as redes empresas não listadas passam a dominar o mercado quando as relações indiretas de propriedade e controle são consideradas.

Os resultados para centralidade de força de saída, que mede o quanto de ações estão em propriedade e controle do acionista, agora passa a considerar a porcentagem das ações, ajustadas pelo valor de mercado da empresa, dando assim o valor de mercado da carteira do acionista – Tabela 12.

Tabela 12 – Centralidade de força para redes de propriedade e controle ponderadas: valor do portfólio

s_{out}	Nome do Acionista	s_{out}	Nome do Acionista
Rede de Propriedade		Rede de Propriedade Integrada	
Rede de Controle		Rede de Controle Integrado	
10,44%	União Federal	11,63%	União Federal
6,23%	Itau Par.	7,55%	BNDES
5,42%	BNDES	6,23%	Itau Par.
4,90%	Cidade de Deus Par.	5,00%	Cidade de Deus Par.
4,87%	Itausa	3,88%	ValePar
3,82%	ValePar	1,90%	SP Telecom. Par.
Rede de Controle		Rede de Controle Integrado	
10,20%	União Federal	13,54%	União Federal
5,48%	BNDES	9,16%	BNDES
3,49%	BNDESPar	3,50%	Itau Par.
3,47%	Itau Par.	2,80%	Interbrew Internac.
3,21%	Banco do Brasil	2,72%	Cidade de Deus Par.

Fonte: Resultados da pesquisa.

A União Federal, quando considerado o valor das empresas em seu portfólio, passa a ser o acionista que detém maior riqueza, 10,44% quando consideradas as ações em propriedade direta, 11,63% avaliando as ações de propriedade indireta, caindo levemente quando vistas apenas ações de empresas que a União Federal tem direito a voto majoritário, 10,20%, e aumentando para 13,54% se o controle indireto for considerado. O BNDES também chama a atenção, ao passar da propriedade de 6,23% do valor de mercado quando considerada a propriedade, para 9,16% quando o controle indireto é avaliado.

A empresa norte americana BlackRock é um caso interessante, já que aparece como

Figura 29 – Redes de Propriedade e Controle: valor de mercado



Fonte: Elaboração própria utilizando Gephi 0.9.1 – Bastian et al. (2009).

grande diversificação de portfólio (10 empresas no caso de propriedade e 17 no de controle), mas em baixa porcentagem, já que não foi destaque quando considerado o somatório das porcentagem (centralidade de força de saída). No caso da propriedade, o valor detido pela Black Rock é de 0,35% na direta e 0,38% na indireta. No controle cresce consideravelmente, possuindo, 1,38% do valor de mercado, atingindo 1,67% quando o controle indireto é analisado.

Outro caso de empresa estrangeira que passa a ser destaque é a Interbrew International, empresa Belga do ramo de bebidas. Com apenas uma empresa em seu portfólio,

mas com 53,71% de ações ordinárias, passa a ser destaque quando o valor de mercado das empresas é considerado, já que é controladora da Ambev. Semelhante ocorre com a também holandesa Sterrebeeck, possuindo 46,99% das ações ordinárias do Banco Santander, com algo valor de mercado. Itau Participações está na mesma situação, com 51% das ações do direito a voto do Itau Unibanco.

10 Considerações finais

Nessa parte a estrutura de propriedade e controle do Brasil foi analisada. Por meio das relações patrimoniais das empresas listadas no mercado acionário brasileiro e seus acionistas, construiu-se a rede de propriedade e controle e, a partir delas, a propriedade e o controle indiretos, bem como estas estruturas ponderadas pelo valor de mercado das empresas.

A estrutura de propriedade brasileira é altamente concentradas, sendo este padrão intensificado sob a perspectiva do controle e das relações indireta. A estrutura de propriedade é dominada por empresas financeiras e de utilidade pública (eletricidade) e presença do governo emerge mais fortemente analisando a estrutura de propriedade indireta. O padrão se mantém quando o controle é considerando, intensificando ainda mais a presença estatal.

A interpretação das medidas de centralidade e do coeficiente de assortatividade permite avaliar como a presença dos grandes acionistas afeta toda a estrutura da propriedade e o quanto eles controlam as demais empresas. A análise revela uma estrutura hierárquica, como pirâmides. A análise também sugerem que grandes proprietários e controladores estão interconectados, num possível padrão de “muito grande para fracassar”. Estes resultados corroboram a literatura que afirma que países em que a estrutura jurídica seguem a *civil law* tem alta concentração do mercado. Além disso, reforça os resultados de Lazarinni (2011), em que a estrutura de propriedade brasileira tem forte presença de pirâmides, marcado por aglomerações interligadas. As redes integradas mostram como as conexões intermediárias intensificam o padrão de propriedade e controle.

Um resultado diferente do apresentado pela literatura é força da diferenciação de ações com e sem direito a voto, já quem na presente análise as redes de propriedade e controle são muito próximas. Assim, as mudanças na estrutura financeira, como a o *Novo Mercado*, podem estar fazendo com que a estrutura dos arranjos de controle esteja migrando do uso de direitos de votos diferenciados para pirâmides.

Quando o valor de mercado entra como ponderador, o poder de propriedade e de controle estatal ganha ainda mais força, em especial União Federal e o BNDES. Assim, não só o Estado brasileiro é um grande proprietário e controlador no mercado financeir (*big player*), como também é proprietário e controlador de empresas com grande valor de mercado.

Conclusão

A busca por uma metodologia que não faça o pesquisador cair em nenhum extremo do dilema metodológico não é tarefa simples. Acredita-se aqui que a teoria da complexidade, aliada à aplicação do estudos de redes tem sintonia com a teoria econômica da Escola Austríaca, sendo os três grandes pilares desta análise. Obviamente as aplicações aqui realizadas, bem como as questões teóricas levantadas não se encerram neste trabalho.

Compreender as nuances teóricas dos principais autores da EA como Carl Menger, Ludwig von Mises, Friedrich A. von Hayek e Ludwig Lachmann, sob novas perspectivas, trazendo para a economia a visão desta escola, é um trabalho contínuo. A nova geração de teóricos vinculados a este programa de pesquisa tem o desafio de trazer uma nova luz para a escola. Neste trabalho buscou-se esta contribuição: utilizar a moderna noção de complexidade aliada à desenvolvida pelos teóricos da EA, por meio da utilização de redes complexas para a análise da teoria do capital austríaca.

A aplicação à estrutura produtiva mostrou que as atividades econômicas centrais são àquelas de baixa sofisticação, sendo Administração Pública em geral a atividade medular. No que concerne às ocupações, as consideradas com não sofisticadas preponderam na economia, fazendo com que a dinâmica de produção não se expanda para atividade com maior grau de sofisticação, com aumento da complexidade de produção e consequente crescimento, e possível desenvolvimento econômico.

Esse tema levanta outra agenda de pesquisa: se a complexidade de uma economia está relacionada a multiplicidade de conhecimento incorporado e, se esse conhecimento tende a se especializar, como ficam as conexões em rede? A possível resposta é que o sistema se torna mais resiliente, com núcleos de atividades produtivas que utilizam o mesmo tipo de conhecimento altamente conectados, e esparsas relações entre esses núcleos. A dinâmica de diminuição de conexões poderia ser estudada por meio de simulações na teoria de redes, utilizando os padrões de conexões passados e construções de cenários futuros. Isso traria também a discussão de vulnerabilidade, das desproporcionais e dos desajustes da estrutura do capital com o aumento da sua complexidade, conforme foi apontado por Lachmann.

A análise da estrutura financeira mostrou que tanto o uso de direitos de voto diferenciados, como a formação de pirâmides são utilizados no Brasil para separar a propriedade do controle. Ao julgar pela literatura, presume-se que com o passar do tempo e com os ajustes do mercado financeiro (como a criação do *Novo Mercado*), os direitos de fluxos de caixa díspares como forma de controle foi diminuído, sendo intensificada a utilização de pirâmides. A existência de *big players* fica evidente ao se analisar as estrutura

de propriedade e controle indireto, ainda mais quando ponderadas pelo valor de mercado das empresas. União Federal e BNDES, bem como instituições financeiras, dominam o mercado acionário brasileiro.

A futura análise do maior componente conexo da rede representativa da estrutura financeira, que contém os principais atores desse mercado, irá propiciar uma análise mais profunda dos relacionamentos. A aplicação do estudos de redes para séries mais afastadas no tempo, em especial a aplicação de redes de multinível¹, permitiria a análise do comportamento da propriedade e do controle ao longo do tempo. Simulações envolvendo incrementos e retiradas de conexões e arestas também poderiam ser aplicados aqui, gerando uma nova agenda de análise de risco sistêmico no setor financeiro.

Por se tratarem de temas de pesquisa inovadores, algumas questões ficaram em aberto, possibilitando desdobramentos desta pesquisa em diferentes áreas, mas sempre na busca de melhor analisar os fenômenos econômicos. A pretensão é caminhar no desenvolvimento da pesquisa sem incorrer em erros “procustianos” e “panglossianos”, apesar de o erro ser inerente à ação humana e constituir no motor do desenvolvimento, seja intelectual ou econômico.

¹ Ver mais em Snijders2011 e Hox, Moerbeek e Schoot (2017).

Referências

- ACEMOGLU, D.; JOHNSON, S.; ROBINSON, J. A. The colonial origins of comparative development: an empirical investigation. *The American Economic Review*, v. 91, n. 5, p. 1369–1401, 2001.
- AGHION, P.; BOLTON, P. Distribution and growth in models of imperfect capital markets. *European Economic Review*, v. 36, n. 2-3, p. 603–611, 1992.
- ALBERT, R.; BARABÁSI, A.-L. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, APS, v. 74, n. 1, p. 47, 2002.
- ALMEIDA, H. V.; WOLFENZON, D. A theory of pyramidal ownership and family business groups. *The Journal of Finance*, Wiley Online Library, v. 61, n. 6, p. 2637–2680, 2006.
- AMOAKO-ADU, B.; SMITH, B. F. Dual class firms: Capitalization, ownership structure and recapitalization back into single class. *Journal of Banking & Finance*, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 1083–1111, 2001.
- ANDERSSON, D. E. *Property rights, consumption and the market process*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2008.
- ANTUNES, R.; GONZALEZ, V. A production model for construction: A theoretical framework. *Buildings*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 5, n. 1, p. 209–228, 2015.
- ARCAGNI, A. et al. Higher order assortativity in complex networks. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, 2017.
- ARTHUR, W. B.; DURLAUF, S. N.; LANE, D. The economy as an evolving complex system ii. santa fe institute studies in the science of complexity, vol. xxvii. *Reading: Addison-Wesley. Google Scholar*, 1997.
- BACHA, E. *O futuro da indústria no Brasil: desindustrialização em debate*. [S.l.]: Editora José Olympio, 2015.
- BALDONE, S.; BRIOSCHI, F.; PALEARI, S. Ownership measures among firms connected by cross-shareholdings and a further analogy with input-output theory. In: *4th JAFEE International Conference on Investment and Derivatives*. [S.l.: s.n.], 1998.
- BARABÁSI, A.-L. Emergence of scaling in complex networks. *Handbook of graphs and networks: from the genome to the internet*, Wiley Online Library, p. 69–84, 2002.
- BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *science*, American Association for the Advancement of Science, v. 286, n. 5439, p. 509–512, 1999.
- BARABÁSI, A.-L.; PÓSFAI, M. *Network science*. [S.l.]: Cambridge university press, 2016.

- BARBIERI, F. *O processo de mercado na escola austriaca moderna*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2001.
- BARBIERI, F. Complexity and the austrians. *Filosofía de la Economía*, v. 1, n. 1, p. 47–70, 2013.
- BARBIERI, F. *A economia do intervencionismo*. São Paulo: LVM Editora, 2013.
- BARBIERI, F. Lachmann and the uses of capital theory. In: WORLD INTERDISCIPLINARY NETWORK FOR INSTITUTIONAL RESEARCH. *The legacy of Ludwig Lachmann: Interdisciplinary perspectives on institutions, agency and uncertainty*. Johannesburg, 2017.
- BARBIERI, F. *Lachmanns Transformation*. [S.l.], 2017.
- BASTIAN, M. et al. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsim*, v. 8, p. 361–362, 2009.
- BEBCHUK, L. A.; KRAAKMAN, R.; TRIANTIS, G. Stock pyramids, cross-ownership, and dual class equity: the mechanisms and agency costs of separating control from cash-flow rights. In: *Concentrated corporate ownership*. [S.l.]: University of Chicago Press, 2000. p. 295–318.
- BER, H.; YAFEH, Y.; YOSHA, O. The post-issue performance of ipo firms when banking industry is concentrated and universal. *Tel Aviv University Discussion Paper*, p. 22–96, 1996.
- BERDELL, J. F. *International trade and economic growth in open economies: the classical dynamics of Hume, Smith, Ricardo and Malthus*. [S.l.]: Edward Elgar Publishing, 2002.
- BERGLÖF, E.; PEROTTI, E. The governance structure of the japanese financial keiretsu. *Journal of financial Economics*, Elsevier, v. 36, n. 2, p. 259–284, 1994.
- BERLE, A.; MEANS, G. *The modern corporate and private property*. [S.l.]: Mac-Millan, 1932.
- BÖHM-BAWERK, E. *Teoria positiva do capital*. São Paulo: Nova Cultural, 1986 (1909). v. 1.
- BLAU, P. M. A macrosociological theory of social structure. *American Journal of Sociology*, University of Chicago Press, v. 83, n. 1, p. 26–54, 1977.
- BOETTKE, P.; PRYCHITKO, D. L. *The Market Process: Essays in Contemporary Austrian Economics*. Aldershot: Edward Elgar, 1994.
- BONACICH, P. Technique for analyzing overlapping memberships. *Sociological methodology*, JSTOR, v. 4, p. 176–185, 1972.
- BORGHI, R. A. Z. The brazilian productive structure and policy responses in the face of the international economic crisis: an assessment based on input-output analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, Elsevier, 2017.
- BORTOLON, P. M.; LEAL, R. P. C. Dual-class unifications and corporate governance in brazil. *Emerging Markets Review*, Elsevier, v. 20, p. 89–108, 2014.

- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Programa de Disseminação das Estatísticas do Trabalho. Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). 2016. [Https://www.rais.gov.br/](https://www.rais.gov.br/). Acessado em set. 2016.
- BURT, R. S. The network structure of social capital. *Research in Organizational Behavior*, Elsevier, v. 22, p. 345–423, 2000.
- BURT, R. S. *Structural holes: The social structure of competition*. [S.l.]: Harvard University Press, 2009.
- CABALLERO, R. J.; JAFFE, A. B. Nber macroeconomics annual 1993. In: _____. [S.l.]: MIT Press, 1993. cap. How High are the Giants, Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth, p. 15 – 86.
- CALDARELLI, G. et al. Scale-free networks from varying vertex intrinsic fitness. *Physical review letters*, APS, v. 89, n. 25, p. 258702, 2002.
- CALDWELL, B. *Hayek's challenge: An intellectual biography of F. A. Hayek*. [S.l.]: University of Chicago Press, 2008.
- CHAPELLE, A.; SZAFARZ, A. Controlling firms through the majority voting rule. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 355, n. 2, p. 509–529, 2005.
- CHAPMAN, G. ‘the epistemology of complexity and some reflections on the symposium. *The Science and Praxis of Complexity*, S. Aida et al., Editors, United Nations University, Tokyo, v. 10, p. 100–111, 1984.
- CHRISTIANSEN, G. B. The market process: Essays in contemporary austrian economics. In: _____. [S.l.]: Edward Elgar, 1994. cap. Methodological individualism, p. 11–16.
- CILLIERS, P. *Complexity and postmodernism: Understanding complex systems*. [S.l.]: Routledge, 2002.
- COLANDER, D. What is so austrian about austrian economics? *Middlebury College Economics Discussion Paper*, n. 09-10, 2009.
- CRISTELLI, M. et al. Measuring the intangibles: A metrics for the economic complexity of countries and products. *PloS one*, Public Library of Science, v. 8, n. 8, p. e70726, 2013.
- CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems*, v. 1695, n. 5, p. 1–9, 2006.
- CUNHA, G. O. C. *Hayek and complexity: coordination, evolution and methodology in social adaptive systems*. 115 p. Dissertação (Doutorado em Economia) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- DEMPSTER, G. M. The oxford handbook of austrian economics. In: _____. *The Oxford Handbook of Austrian Economics*. [S.l.]: Oxford University Press, 2015. cap. The Austrian Theory of Finance: Is It a Unique Contribution to the Field?, p. 563–575.

- DIETZENBACHER, E.; LAHR, M. L. (Ed.). *Input-output analysis: frontiers and extensions*. London: Palgrave, 2001.
- DIETZENBACHER, E.; TEMURSHOEV, U. Ownership relations in the presence of cross-shareholding. *Journal of Economics*, Springer, v. 95, n. 3, p. 189–212, 2008.
- DITTMANN, I.; ULBRICHT, N. Timing and wealth effects of german dual class stock unifications. *European Financial Management*, Wiley Online Library, v. 14, n. 1, p. 163–196, 2008.
- ECGI. *The Separation of Ownership and Control: A Survey of 7 European Countries Preliminary Report to the European Commission*. [S.l.]: European Corporate Governance Institute, 1997. v. 1–4.
- ECONOMATICA. *Banco de dados: Valor de Mercado, Patrimônio Líquido, Capital de Giro*. [S.l.]: Economatica System, 2018. Economatica System.
- EDWARDS, J.; FISCHER, K. An overview of the german financial system. *Capital Markets and Corporate Governance*, 1994.
- ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On the evolution of random graphs. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci*, v. 5, n. 17-61, p. 43, 1960.
- ERDŐS, P.; RÉNYI, A. On the strength of connectedness of a random graph. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci*, v. 12, n. 1-2, p. 261–267, 1961.
- ERDŐS, P.; RéNYI, A. On random graphs i. *Publ. Math. Debrecen*, v. 6, p. 290–297, 1959.
- EUROPEJSKA, K. *Proportionality between Ownership and Control in EU Listed Companies: Comparative Legal Study, legal study for each jurisdiction commissioned by the European Commission from Shearman & Sterling LLP*. [S.l.]: Belgia, 2007.
- FELIPE, J. et al. Product complexity and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics*, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 36–68, 2012.
- FLORY, P. J. Molecular size distribution in three dimensional polymers i. *Journal of the American Chemical Society*, v. 63, n. 11, p. 3083–3090, 1941.
- FORD, L. R.; FULKERSON, D. R. Maximal flow through a network. *Canadian journal of Mathematics*, v. 8, n. 3, p. 399–404, 1956.
- FOSTER, J. G. et al. Edge direction and the structure of networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 107, n. 24, p. 10815–10820, 2010.
- FRANKS, J.; MAYER, C. *Corporate Control: A Comparison of insider and outsider systems*. [S.l.]: London Business School, 1994.
- FREEMAN, L. C.; BORGATTI, S. P.; WHITE, D. R. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. *Social networks*, Elsevier, v. 13, n. 2, p. 141–154, 1991.
- GALA, P. et al. Sophisticated jobs matter for economic complexity: An empirical analysis based on input-output matrices and employment data. *Structural Change and Economic Dynamics*, Elsevier, 2017.

- GARLASCHELLI, D. et al. The scale-free topology of market investments. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 350, n. 2, p. 491–499, 2005.
- GARLASCHELLI, D.; LOFFREDO, M. I. Fitness-dependent topological properties of the world trade web. *Physical review letters*, APS, v. 93, n. 18, p. 188701, 2004.
- GARRISON, R. W. Austrian economics as the middle ground: comment on loasby. *Market Process, and Austrian Economics: Essays in Honor of Ludwig von Mises*, Citeseer, p. 131–38, 1982.
- GARRISON, R. W. *Time and money: The macroeconomics of capital structure*. New York: Routledge, 2001.
- GAUS, G. F. Hayek on the evolution of society and mind. In: *The Cambridge Companion to Hayek*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2006.
- GLATTFELDER, J. B. *Ownership networks and corporate control: mapping economic power in a globalized world*. Tese (Doutorado) — ETH, 2010.
- GLATTFELDER, J. B.; BATTISTON, S. Backbone of complex networks of corporations: The flow of control. *Physical Review E*, APS, v. 80, n. 3, p. 036104, 2009.
- GORTON, G.; SCHMID, F. Universal banking and the performance of german corporations. *NBER working paper*, v. 5453, 1996.
- GRANOVETTER, M. Threshold models of collective behavior. *American Journal of Sociology*, University of Chicago Press, v. 83, n. 6, p. 1420–1443, 1978.
- GRANOVETTER, M. Coase revisited: Business groups in the modern economy. *Industrial and corporate change*, Oxford University Press, v. 4, n. 1, p. 93–130, 1995.
- GRINDER, W. E. In pursuit of the subjective paradigm. *LM Lachmann*, v. 1977, p. 3–24, 1977.
- GROSSMAN, S. J.; HART, O. D. One share-one vote and the market for corporate control. *Journal of financial economics*, Elsevier, v. 20, p. 175–202, 1988.
- GUERRIERI, P.; MELICIANI, V. Technology and international competitiveness: The interdependence between manufacturing and producer services. *Structural change and economic dynamics*, Elsevier, v. 16, n. 4, p. 489–502, 2005.
- HARRIGAN, N.; ACHANANUPARP, P.; LIM, E.-P. Influentials, novelty, and social contagion: The viral power of average friends, close communities, and old news. *Social Networks*, Elsevier, v. 34, n. 4, p. 470–480, 2012.
- HARRIS, M.; RAVIV, A. Corporate governance: Voting rights and majority rules. *Journal of Financial Economics*, Elsevier, v. 20, p. 203–235, 1988.
- HAUSMANN, R. Economic development and the accumulation of know-how. *Welsh Economic Review*, v. 24, p. 13–16, 2016.
- HAUSMANN, R. et al. *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Cambridge: MIT Press, 2014.

- HAYEK, F. A. *Profits, Interest, and Investment, and Other Essays on the Theory of Industrial Fluctuations*. [S.l.]: G. Routledge and Sons, Limited, 1939.
- HAYEK, F. A. The use of knowledge in society. *The American economic review*, JSTOR, v. 35, n. 4, p. 519–530, 1945.
- HAYEK, F. A. The meaning of competition. *Individualism and economic order*, University of Chicago Press Chicago, v. 92, p. 98, 1948.
- HAYEK, F. A. Studies in philosophy, politics and economics. In: _____. London: Routledge, 1967. cap. The theory of complex phenomena, p. 22–42.
- HAYEK, F. A. Rules and order: Law, legislation and liberty vol. 1. *London and Henley: Routledge & Kegan Paul*, 1973.
- HAYEK, F. A. *The pure theory of capital*. [S.l.]: University of Chicago Press, 2007 (1941). v. 12.
- HAYEK, F. A. Prices and production and other works: F. a. hayek on money, the business cycle, and the gold standard. In: _____. Auburn: Ludwig von Mises Institute, 2008 (1931). cap. Prices and production, p. 189–330.
- HAYEK, F. A. The market and other orders. In: _____. [S.l.]: University of Chicago Press, 2014 (1964). cap. The Theory of Complex Phenomena, p. 257–277.
- HAYEK, F. A. The market and other orders. In: _____. [S.l.]: University of Chicago Press, 2014 (1975). cap. The Pretence of Knowledge, p. 360–371.
- HAYEK, F. A. *The Sensory Order and Other Writings on the Foundations of Theoretical Psychology*. [S.l.]: University of Chicago Press, 2017 (1952).
- HECKSCHER, E. F.; OHLIN, B. G. *Heckscher-Ohlin trade theory*. [S.l.]: The MIT Press, 1991.
- HIDALGO, C. *Why information grows: The evolution of order, from atoms to economies*. [S.l.]: Basic Books, 2015.
- HIDALGO, C. A. *Three empirical studies on the aggregate dynamics of humanly driven complex systems*. 123 p. Tese (Dissertation (Doctorate of Philosophy)) — Program in Physics, University of Notre Dame, Indiana, 2008.
- HIDALGO, C. A. Disconnected, fragmented, or united? a trans-disciplinary review of network science. *Applied Network Science*, Springer, v. 1, n. 1, p. 6, 2016.
- HIDALGO, C. A.; HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. *proceedings of the national academy of sciences*, National Acad Sciences, v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.
- HIDALGO, C. A. et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.
- HIDALGO, C. A. et al. *The dynamics of economic complexity and the product space over a 42 year period*. [S.l.], 2009.

- HÜLSMANN, J. G. The structure of production reconsidered. *Université d'Angers: GRANEM Working Paper*, v. 34, n. 2011–09, p. 1–62, 2011.
- HORGAN, J. *The end of science: Facing the limits of knowledge in the twilight of the scientific age*. [S.l.]: Basic Books, 2015.
- HORWITZ, S. The market process: Essays in contemporary austrian economics. In: _____. [S.l.]: Edward Elgar, 1994. cap. Subjectivism, p. 17–22.
- HORWITZ, S. Analogous models of complexity: The austrian theory of capital and hayek's theory of cognition as adaptive classifying systems. In: *Explorations in Austrian Economics*. [S.l.]: Emerald Group Publishing Limited, 2008. p. 143–166.
- HOX, J. J.; MOERBEEK, M.; SCHOOT, R. van de. *Multilevel analysis: Techniques and applications*. [S.l.]: Routledge, 2017.
- HUERTA DE SOTO, J. *La Escuela Austriaca: mercado y creatividad empresarial*. Madrid: Síntesis, 2012.
- IKEDA, S. The market process: Essays in contemporary austrian economics. In: _____. [S.l.]: Edward Elgar, 1994. cap. Market Process, p. 23–29.
- JACKSON, M. O. *Social and economic networks*. Princeton: Princeton University Press, 2008.
- JAFFÉ, K. Visualizing the invisible hand of markets: Simulating complex dynamic economic interactions. *Intelligent systems in accounting, finance and management*, Wiley Online Library, v. 22, n. 2, p. 115–132, 2015.
- JOHNSON, N. *Simply complexity: A clear guide to complexity theory*. [S.l.]: Oneworld Publications, 2009.
- JORDAN, B. D.; LIU, M. H.; WU, Q. Corporate payout policy in dual-class firms. *Journal of Corporate Finance*, Elsevier, v. 26, p. 1–19, 2014.
- KANG, J.-K.; SHIVDASANI, A. Firm performance, corporate governance, and top executive turnover in japan. *Journal of Financial Economics*, Elsevier, v. 38, n. 1, p. 29–58, 1995.
- KOPPL, R. *Big players and the economic theory of expectations*. [S.l.]: Springer, 2002.
- KOPPL, R. et al. Complexity and austrian economics. *Chapters*, Edward Elgar Publishing, 2009.
- KOPPL, R.; YEAGER, L. B. Big players and herding in asset markets: The case of the russian ruble. *Explorations in Economic History*, Elsevier, v. 33, n. 3, p. 367–383, 1996.
- LA PORTA, R.; SILANES, F. Lopez-de; SHLEIFER, A. Corporate ownership around the world. *The journal of finance*, Wiley Online Library, v. 54, n. 2, p. 471–517, 1999.
- LA PORTA, R. et al. Law and finance. *Journal of political economy*, The University of Chicago Press, v. 106, n. 6, p. 1113–1155, 1998.
- LACHMANN, L. M. *Capital and its Structure*. [S.l.]: Ludwig von Mises Institute, 1956.

- LACHMANN, L. M. Speculative markets and economic complexity. *Economic Affairs*, v. 8, n. 2, p. 7–10, 1988.
- LACHMANN, L. M. Expectations and the meaning of institutions. In: _____. London: Routledge, 1994 (1978). cap. Vicissitudes of subjectivism and the dilemma of the theory of choice of Choice.” In Don Lavoie (ed.). *Expectations and the Meaning of Institutions*: 213–222. London: Routledge, 1994., p. 213–222.
- LADYMAN, J.; LAMBERT, J.; WIESNER, K. What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*, Springer, v. 3, n. 1, p. 33–67, 2013.
- LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes: philosophical papers*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1978. v. 1.
- LALL, S. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985–98. *Oxford development studies*, Taylor & Francis, v. 28, n. 3, p. 337–369, 2000.
- LAVOIE, D. Economic chaos or spontaneous order-implications for political economy of the new view of science. *Cato Journal*, v. 8, n. 3, p. 613, 1989.
- LAZARINNI, S. G. *Capitalismo de laços*. [S.l.]: Campus, 2011.
- LEAL, R. P. C.; SILVA, A. L. C. d.; VALADARES, S. M. Estrutura de controle das companhias brasileiras de capital aberto. *Revista de Administração Contemporânea*, SciELO Brasil, v. 6, n. 1, p. 7–18, 2002.
- LEAMER, E. E. *Sources of international comparative advantage: Theory and evidence*. Cambridge: MIT Press, 1984.
- LEASE, R. C.; MCCONNELL, J. J.; MIKKELSON, W. H. The market value of differential voting rights in closely held corporations. *Journal of Business*, JSTOR, p. 443–467, 1984.
- LEUNG, C. C.; CHAU, H. F. Weighted assortative and disassortative networks model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 378, n. 2, p. 591–602, 2007.
- LEWIN, P. Time, change, and complexity: Ludwig m. lachmann’s contributions to the theory of capital. In: *Advances in Austrian Economics*. [S.l.]: Emerald Group Publishing Limited, 1996. p. 107–165.
- LEWIN, P. Elgar companion to hayekian economics. In: _____. [S.l.]: Edward Elgar, 2014. cap. Hayek and Lachmann and the Complexity of Capital, p. 165–194.
- LEWIS, P. Emergent properties in the work of friedrich hayek. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Elsevier, v. 82, n. 2, p. 368–378, 2012.
- LEWIS, P. Systems, structural properties and levels of organisation: The influence of ludwig von bertalanffy on the work of fa hayek. In: *Research in the History of Economic Thought and Methodology*. [S.l.]: Emerald Group Publishing Limited, 2016. p. 125–159.
- LI, C. et al. Correlation between centrality metrics and their application to the opinion model. *The European Physical Journal B*, Springer, v. 88, n. 3, p. 65, 2015.

- MACIENTE, A. N. *The determinants of agglomeration in Brazil: input-output, labor and knowledge externalities*. [S.l.]: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013.
- MARKOSE, S. M. Computability and evolutionary complexity: markets as complex adaptive systems (cas). *The Economic Journal*, Wiley Online Library, v. 115, n. 504, 2005.
- MASI, G. D.; IORI, G.; CALDARELLI, G. Fitness model for the italian interbank money market. *Physical Review E*, APS, v. 74, n. 6, p. 066112, 2006.
- MATOS, P. An assessment of dual-class shares in brazil: Evidence from the novo mercado reform. *Codes, Standards, and Position Papers*, CFA Institute, v. 2017, n. 3, p. 1–56, 2017.
- MAURY, B.; PAJUSTE, A. Private benefits of control and dual-class share unifications. *Managerial and Decision Economics*, Wiley Online Library, v. 32, n. 6, p. 355–369, 2011.
- MCPHERSON, J. M.; SMITH-LOVIN, L. Homophily in voluntary organizations: Status distance and the composition of face-to-face groups. *American Sociological Review*, p. 370–379, 1987.
- MCQUADE, T. J.; BUTOS, W. N. The sensory order and other adaptive classifying systems. *Journal of Bioeconomics*, v. 7, n. 3, p. 335–358, 2005.
- MENGER, C. *Princípios de economia política*. 2 ed.. ed. [S.l.]: Nova Cultura, 1986 (1871).
- MESEGUR, C. M. *La teoría evolutiva de las instituciones: la perspectiva austriaca*. 2. ed. [S.l.]: Unión Editorial, 2009.
- MILL, J. S. *A System of Logic*. New York: Harper&Brothers, 2009 (1882).
- MITCHELL, M. *Complexity: A guided tour*. [S.l.]: Oxford University Press, 2009.
- NEWMAN, M. *Networks: an introduction*. [S.l.]: Oxford university press, 2010.
- NEWMAN, M. E. Assortative mixing in networks. *Physical review letters*, APS, v. 89, n. 20, p. 208701, 2002.
- NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, p. 167–256, 2003.
- NEWMAN, M. E. J. Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B*, v. 38, n. 2, p. 321–330, 2004.
- NOLDUS, R.; MIEGHEM, P. V. Assortativity in complex networks. *Journal of Complex Networks*, Oxford University Press, v. 3, n. 4, p. 507–542, 2015.
- OLIVA, G. The road to servomechanisms: The influence of cybernetics on hayek from the sensory order to the social order. *Research in the History of Economic Thought and Methodology*, p. 161–198, 2016.
- OLIVER, C. The antecedents of deinstitutionalization. *Organization studies*, v. 13, n. 4, p. 563–588, 1992.

- ONNELA, J. P. et al. Taxonomies of networks from community structure. *Physical Review E*, v. 86, n. 3, p. 036104, 2012.
- PIETRONERO, L.; CRISTELLI, M.; TACCHELLA, A. New metrics for economic complexity: measuring the intangible growth potential of countries. In: *Conference of the Institute for New Economic Thinking*. Hong Kong: [s.n.], 2013.
- PISANO, G. P.; SHIH, W. C. Restoring american competitiveness. *Harvard Business Review*, v. 87, n. 7/8, p. 114–125, 2009.
- PROWSE, S. D. The structure of corporate ownership in japan. *The Journal of Finance*, Wiley Online Library, v. 47, n. 3, p. 1121–1140, 1992.
- RABELO, F. M.; VASCONCELOS, F. C. Corporate governance in brazil. *Journal of Business Ethics*, Springer, v. 37, n. 3, p. 321–335, 2002.
- REITSMA, F. A response to simplifying complexity. *Geoforum*, Pergamon Press/Elsevier, v. 1, n. 34, p. 13–16, 2003.
- REYNOLDS, T. H.; FLORES, A. A. *Foreign law: current sources of codes and legislation in jurisdictions of the world*. [S.l.]: FB Rothman & Company, 1989.
- ROCHA, I. L. *Essays on Economic Growth and Industrial Development: A comparative analysis between Brazil and South Korea*. Tese (Doutorado) — Ph.D. Dissertation, University of Cambridge, 2015.
- RODRIK, D.; SUBRAMANIAN, A.; TREBBI, F. Institutions rule: the primacy of institutions over integration and geography in economic development. *Journal of Economic Growth*, v. 9, n. 2, p. 131–165, 2004.
- ROGERS, E. M. *Diffusion of innovations*. 5. ed. New York: Free Press, 2003.
- ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, The University of Chicago Press, v. 94, n. 5, p. 1002–1037, 1986.
- ROSSER, J. B. On the complexities of complex economic dynamics. *Journal of economic Perspectives*, v. 13, n. 4, p. 169–192, 1999.
- ROTHBARD, M. N. *Man, Economy and State: A Treatise On Economic Principles*. [S.l.]: Van Nostrand, 1962.
- ROTUNDO, G.; D'ARCANGELIS, A. M. Ownership and control in shareholding networks. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, Springer, v. 5, n. 2, p. 191–219, 2010.
- ROWTHORN, R.; COUTTS, K. De-industrialisation and the balance of payments in advanced economies. *Cambridge Journal of Economics*, Oxford University Press, v. 28, n. 5, p. 767–790, 2004.
- SABIDUSSI, G. The centrality index of a graph. *Psychometrika*, v. 31, n. 3, p. 581–603, 1966.
- SCHUMACHER, R. Adam smith and the “rich country–poor country” debate: eighteenth-century views on economic progress and international trade. *The European journal of the history of economic thought*, Taylor & Francis, v. 23, n. 5, p. 764–793, 2016.

- SHACKLE, G. L. S. *Epistemics and economics: A critique of economic doctrines*. [S.l.]: Routledge, 2017 (1972).
- SHLEIFER, A.; VISHNY, R. W. Large shareholders and corporate control. *Journal of political economy*, The University of Chicago Press, v. 94, n. 3, Part 1, p. 461–488, 1986.
- SHLEIFER, A.; VISHNY, R. W. A survey of corporate governance. *The journal of finance*, Wiley Online Library, v. 52, n. 2, p. 737–783, 1997.
- SMITH, A. *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: BiblioBazaar, LLC, 2009 (1776).
- SMITH, P. *Explaining chaos*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1998.
- SOLOMONOFF, R.; RAPOPORT, A. Connectivity of random nets. *The bulletin of mathematical biophysics*, Springer, v. 13, n. 2, p. 107–117, 1951.
- SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, MIT Press, v. 70, n. 1, p. 65–94, 1956.
- SOROMENHO, J. E. d. C. Hayek, hicks and the rise of walrasianism. *Economia e Sociedade*, SciELO Brasil, v. 21, n. 2, p. 219–244, 2012.
- TACCHELLA, A. et al. A new metrics for countries' fitness and products' complexity. *Scientific reports*, Nature Publishing Group, v. 2, p. 723, 2012.
- TALEB, N. N. *The bed of Procrustes: philosophical and practical aphorisms*. [S.l.]: Random House Trade Paperbacks, 2016.
- THWEATT, W. O. A diagrammatic presentation of adam smith's growth model. *Social Research*, v. 24, n. 2, p. 227–330, 1957.
- TIMMER, M.; VRIES, G. J. de; VRIES, K. D. Patterns of structural change in developing countries. In: *Routledge handbook of industry and development*. [S.l.]: Routledge, 2015. p. 79–97.
- TIMMER, M. P. et al. An illustrated user guide to the world input–output database: the case of global automotive production. *Review of International Economics*, Wiley Online Library, v. 23, n. 3, p. 575–605, 2015.
- TURNOVEC, F. *Arithmetic of property rights: a leontief-type model of ownership structures*. [S.l.], 2005.
- VALADARES, S. M.; LEAL, R. P. Ownership and control structure of brazilian companies. *Revista Abante*, v. 3, p. 29–56, 2000.
- VALENTE, T. W. et al. How correlated are network centrality measures? *Connections (Toronto, Ont.)*, NIH Public Access, v. 28, n. 1, p. 16, 2008.
- VAUGHN, K. I. Hayek's theory of the market order as an instance of the theory of complex, adaptive systems. *Journal des économistes et des études humaines*, v. 9, n. 2-3, p. 241–256, 1999.
- VELUPILLAI, K. V. The impossibility of an effective theory of policy in a complex economy. *Complexity hints for economic policy*, Springer, p. 273–290, 2007.

- VOLTAIRE. *Cândido, ou, O otimismo*. São Paulo: Penguin Classics Companhia das Letras, 2012 (1759). Introdução de Michael Wood; notas de Theo Cuffe; tradução de Mário Laranjeira.
- WATTS, D. J. A simple model of global cascades on random networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 99, n. 9, p. 5766–5771, 2002.
- WATTS, D. J.; DODDS, P. S. Influentials, networks, and public opinion formation. *Journal of consumer research*, The University of Chicago Press, v. 34, n. 4, p. 441–458, 2007.
- WEAVER, W. Science and complexity. *American Scientist*, v. 36, p. 536–544, 1948.
- WEST, D. B. *Introduction to graph theory*. [S.l.]: Prentice hall Upper Saddle River, 2001. v. 2.
- WOLFENZON, D. *Private benefits of control and the multiplier effect of investor protection*. [S.l.], 1998.
- ZANOTTI, G. *Epistemologia da Economia*. [S.l.]: EDIPUCRS, 1997.
- ZINGALES, L. The value of the voting right: A study of the milan stock exchange experience. *The Review of Financial Studies*, Oxford University Press, v. 7, n. 1, p. 125–148, 1994.
- ZWEIGERT, K. et al. *Introduction to comparative law*. Oxford: Clarendon Press, 1998. v. 3.

Apêndices

APÊNDICE A – Distribuição de controle: redes de livre escala

Muitas das redes do mundo real podem ser classificadas como redes livres de escala (*scale-free networks*). Segundo Glattfelder (2010) não é muito claro o que os componentes conexos revelam sobre a estrutura da distribuição de propriedade, já que o mesmo padrão de componentes conexos poderia significar diferentes configurações de propriedade, a depender da direção das arestas.

Nas redes aqui estudadas, aresta saindo do nó i com direção a j significa que a propriedade (ou controle) de j por i . Em geral, espera-se que uma rede de propriedade tenha centralidade de grau de saída com distribuição não equilibrada, isto é, com a maioria dos vértices com poucas arestas de saída, porém com poucos vértices com arestas direcionadas para muitos, ou seja, com alta centralidade de grau de saída. Desta maneira, o número de acionistas de uma empresa, dada pela distribuição de grau, apresentaria baixa frequência de acionistas com muitas empresas em seu portfólio e muita frequência de acionistas com pouco diversificação¹.

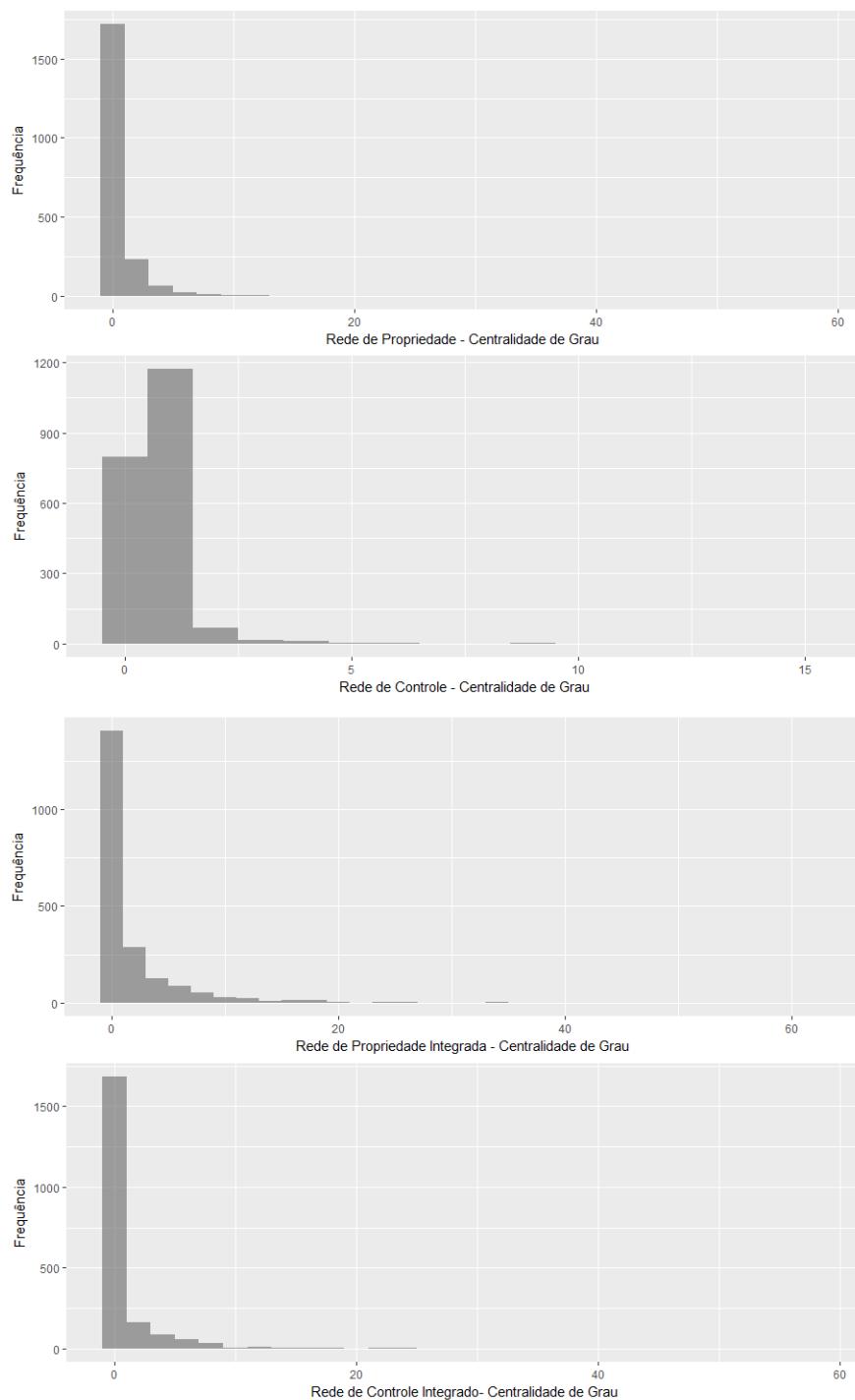
Este padrão em que a distribuição de graus da rede segue uma lei de potência (“*power-law*”) é conhecido como rede cujas componentes são livres de escala (“*scale-free*”). Nesta distribuição, a probabilidade de encontrar um nó com grau k decai como uma potência negativa de grau: $p(k) \sim k^{-\gamma}$. Isso significa que a probabilidade de encontrar um vértice com alto grau é relativamente pequena em comparação com a probabilidade de encontrar um vértice com baixo grau.

Existem algumas maneiras de testar se a centralidade de grau segue esta distribuição, entre elas por meio da verificação gráfica do histograma da distribuição de grau, da função de distribuição de probabilidade. No entanto, existem maneiras mais acuradas para se verificar a intuição proporcionada graficamente, como testes que indicam se os dados se ajustam a lei de potência.

Os histogramas da distribuição de centralidade de grau, de entrada e de saída, indicaram a possibilidade da distribuição ser do tipo “*power-law*”. Na Figura 30, apresenta-se apenas o histograma da centralidade de grau (k) para as quatro redes: propriedade, propriedade integrada, controle e controle integrado. Os casos de centralidade de grau de entrada e de centralidade de grau de saída apresentam padrão semelhantes.

Seguindo Clauset, Shalizi e Newman (2009), aplica-se um teste de adequação

¹ Deve-se levar em consideração que em decorrência da base de dados, não se tem acesso à algumas ações muito pequenas, como relatado na seção 9.2.1.

Figura 30 – Histograma da distribuição da centralidade de grau (k)

Fonte: Resultados da pesquisa.

(“*goodness-of-fit*”) para verificar se os dados observados podem apresentar uma distribuição da lei de potência. A estatística de Kolmogorov-Smirnov (KS) quantifica a distância máxima entre a função de distribuição acumulativa (FDA) dos dados e do modelo ajustado,

quantificando até que ponto a distribuição da lei de potência se assemelha à distribuição observada.

Clauset, Shalizi e Newman (2009) usaram uma abordagem semi-paramétrica e seguiram alguns passos, descritos aqui: (i) estimar α e x_{min} , determinando o melhor ajuste da lei de potência aos dados; (ii) calcular as estatísticas de KS para a adequação da lei de potência de melhor ajuste aos dados;; (iii) gerar um grande número de dados sintéticos usando (i) e (ii) - para que o p -valor seja preciso para cerca de dois dígitos decimais, implica gerar 2.500 conjuntos sintéticos de dados; (vi) calcular o p -valor (10%) como a fração das estatísticas do KS para os dados sintéticos, cujo valor excede as estatísticas KS para os dados reais; (v) se o p -valor for suficientemente pequeno, a distribuição da lei de potência pode ser descartada.

Segundo Lai (2016), a parte intricada é estimar x_{min} , já que o procedimento usa a estatística KS, na qual o x_{min} encontrado minimiza o valor das estatísticas KS. A rotina para encontrar o melhor valor possível de x_{min} , o procedimento executado no conjunto de dados e usar cada dado como x_{min} , truncar os dados para incluir todos os dados e o x_{min} escolhido. Então, usar esses dados para calcular a FDA empírica:

$$P(x) = \left(\frac{n}{x_{min}} \right)^{-\alpha-1} \quad (\text{A.1})$$

em que x são os dados observados, tomando-se o máximo do valor absoluto da diferença entre cada dado observado e teórico ². Na próxima fase, compara-se a lei da potência da FDA dos dados observados com a FDA dos dados sintéticos, dada pelo vetor $(1, \frac{n-1}{n}, \dots, \frac{2}{n}, \frac{1}{n})$. Este procedimento é feito para cada um dos dados e obtém-se as estatísticas KS em um vetor. Assim sendo, seleciona-se as estatísticas mínimas do KS, o que corresponde a x_{min} , que é o parâmetro. Depois de obter x_{min} , α pode ser facilmente encontrado, via estimação por máxima verossimilhança (MLE).

Na segunda etapa, aplica-se o teste KS para ver se os dados observados têm a mesma distribuição dos dados da distribuição da lei de potência, gerados usando x_{min} e α estimado. Faz-se isso gerando 2500 conjuntos de dados sintéticos. O teste KS compara os dados observados com os dados sintéticos, para verificar se esses dois conjuntos de dados seguem a mesma distribuição.

A hipótese nula é a distribuição de conjuntos de dados sintéticos tem a mesma distribuição dos dados observados. Rejeita-se ou deixa-se de rejeitar para cada teste KS usando o nível de significância de 10%. Se o p -valor for maior que 0,10, não se rejeita a hipótese nula e conclui-se que ambos os conjuntos de dados apresentam a mesma distribuição. Se o p -valor for menor ou igual a 0,10, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se

² A FDA da lei de potência usada aqui é uma FDA complementar, uma vez que $P(x)$ é estimado integrando de FDP da lei de potência de x ao infinito.

que os conjuntos de dados não apresentaram a mesma distribuição.

Depois de realizar o teste 2500 vezes, para a centralidade de grau, de entrada e de saída, encontrou-se os resultados resumidos na tabela 13.

Tabela 13 – Teste KS

Rede de Propriedade			
Distribuição	x_{min}	α	Testes que falharam ao rejeitar H_0
k	17	4,1607	2450
k_{in}	15	3,9860	2412
k_{out}	6	3,.1108	2032
Rede de Propriedade Indireta			
Distribuição	x_{min}	α	Testes que falharam ao rejeitar H_0
k	17	4,1666	2290
k_{in}	15	4,1445	2275
k_{out}	11	3,0680	2435
Rede de Controle			
Distribuição	x_{min}	α	Testes que falharam ao rejeitar H_0
k	21	5,2194	2420
k_{in}	19	4,6698	2411
k_{out}	9	3,6287	2460
Rede de Controle Indireto			
Distribuição	x_{min}	α	Testes que falharam ao rejeitar H_0
k	21	5,1654	2390
k_{in}	12	3,4380	2252
k_{out}	9	3,2735	2459

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para as três distribuições das quatro redes, o teste não rejeitou a hipótese nula - abaixo de 10% o teste rejeita a hipótese nula. Isso significa que a distribuição de textit “power-law” gerada é um bom ajuste para as distribuições da centralidade de grau, de grau entrada e de saída.