

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

GERSON NASSOR CARDOSO

**AVALIAÇÃO DO RISCO ANTES E APÓS REELEIÇÃO DE DILMA ROUSSEF:
UMA ANÁLISE POR MEIO DE REDES DE CORRELAÇÃO**

Sorocaba
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

GERSON NASSOR CARDOSO

**AVALIAÇÃO DO RISCO ANTES E APÓS REELEIÇÃO DE DILMA ROUSSEF:
UMA ANÁLISE POR MEIO DE REDES DE CORRELAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da UFSCar, para obtenção do título de mestre em Economia. Orientação: Prof. Dr. Geraldo Edmundo Silva Junior

Sorocaba
2017

Ficha catalográfica

Nassor Cardoso, Gerson

AVALIAÇÃO DO RISCO ANTES E APÓS REELEIÇÃO DE DILMA
ROUSSEF: UMA ANÁLISE POR MEIO DE REDES DE CORRELAÇÃO /
Gerson Nassor Cardoso. -- 2017.

117 f.: 30 cm

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Edmundo da Silva Junior

Banca examinadora: Prof. Dr. Jorge Paulo de Araújo ,Prof. Dr. José Cesar
Cruz Junior

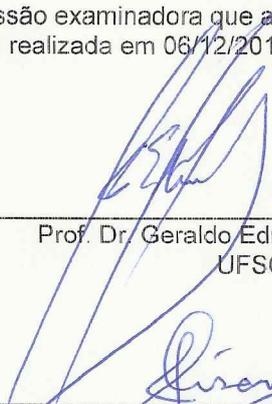
Bibliografia

1. Risco Sistêmico. 2. Reeleição Dilma Rouseff. 3. Redes de Correlação.
I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

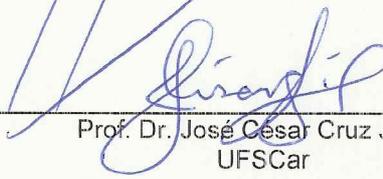


Folha de Aprovação

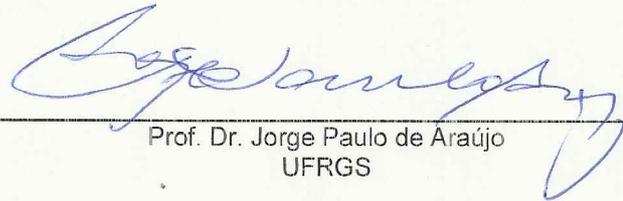
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Gerson Nassor Cardoso, realizada em 06/12/2017:



Prof. Dr. Geraldo Edmundo Silva Junior
UFSCar



Prof. Dr. José Cesar Cruz Júnior
UFSCar



Prof. Dr. Jorge Paulo de Araújo
UFRGS

DEDICATÓRIA

Dedico a memória de meu pai, falecido no decorrer da elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao apoio e a fé recebido por todos aqueles que acreditaram no êxito desse trabalho que me auxiliaram no alcance dos objetivos desse projeto, em especial minha família.

RESUMO

CARDOSO, Gerson N. Avaliação do Risco Antes e Após a Reeleição de Dilma Roussef: Uma Análise por Meio de Redes de Correlação. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2017.

O Brasil passou por um período marcado por uma crise política e econômica de 2013 a 2016. Os resultados eleitorais de 2014 interferiram no risco de mercado. Os dados da BM&FBOVESPA sugeriram um aumento da volatilidade dos retornos de investimentos em ações, assim como perdas nos valores de mercado da maioria das empresas de capital aberto. Os anos subsequentes foram de recessão, marcando um período de crise econômica. Entretanto, o prejuízo dos setores de bens de consumo e financeiro foram menores. Dessa forma, nos perguntamos se o risco sistêmico teria também aumentado após a reeleição de Dilma Roussef e quais teriam sido as alterações dos setores e empresas mais centrais. Respondendo essas perguntas também seria possível responder quais seriam os portfólios ótimos para minimizar a variância e para minimizar o risco sistêmico. A avaliação do mesmo foi realizada por meio da análise dinâmica de redes de correlação dos retornos diários, na forma de árvores geradoras mínimas. Foram analisados os quatro primeiros momentos e o comprimento da distância de correlação de 48 redes mensais de outubro de 2012 a setembro de 2016. Para verificação dos setores e empresas mais centrais e a formação das carteiras foi realizada análise hierárquica da árvore geradora mínima de dois anos anteriores versus dois anos posteriores, comparando-se as alterações dos elementos centrais e sua representação setorial, além da quantidade de agrupamentos disponíveis para diversificação dos investimentos. Por meio da observação do encolhimento da rede e do aumento do nível de correlação, verificou-se que nos seis meses após os resultados eleitorais o risco sistêmico aumentou. Alterações da tendência da inclinação da assimetria e curtose sugeriram alterações estruturais. A análise topológica e hierárquica da rede demonstrou que antes dos resultados eleitorais as ações mais centrais eram BBDC4 – Banco Bradesco e EVEN3- Construtora Even. Após, a mais central passou a ser BBDC4 e ITSA4 – Banco Itaú S.A., assim sendo, as ações do subsetor da construção civil deixaram de ocupar papel central nesse mercado e se deslocaram para a periferia de ITSA4. Por fim, a análise hierárquica indicou 8 de *clusters* disponíveis para mitigação do risco sistêmico nos dois períodos e as medidas de centralidade de proximidade indicaram quais seriam as ações com menor variância.

Palavras-Chave: Risco Sistêmico. Reeleição Dilma Roussef. Redes de Correlação. Árvores Geradoras Mínimas.

ABSTRACT

Brazil went through a political and economic crisis period from 2013 to 2016. The electoral results, in 2014 interfered in the local stock market risk. Data from BM&FBOVESPA suggested an increase in the local stock market volatility. Similarly, loss in the most of the companies' market value. Recession and crisis marked the following years. However, loses in financial and consumer's sectors seemed to be lower. In this way, we asked if also the systemic risk would have grown, if the central companies and sectors would have changed and what would be the minimum variance and systemic risk portfolios. A dynamical Minimum Spanning Trees (MST) analyzed the systemic risk. I built 48 mostly MST's from October 2012 until September 2016 and analyzed the first four moments of the distance correlation matrix. I proposed two MST's to verify the optimal portfolios and changes in the central companies and sectors: one for the two years before the re-election of Dilma Rousseff and another for the two years after. I compared the central vertices and the number of clusters by hierarchical clustering. By observing the MST length's shrinking and the increases in the correlation level, I discovered that the systemic risk grew through the following six months after the electoral results. Changes in the inclination of the distance correlation's asymmetry and kurtosis suggested expectation and uncertainty changes. The hierarchical clustering revealed that the central stocks before the reelection were BBDC4-Bradesco Bank and EVEN3-EVEN Construction Company. After that, BBDC4 and ITSA4 – Itau Bank remained as the most central stocks. Construction sector left to be an important sector and stood by ITSA4 periphery. I suggested 8 clusters for each period as the available number for portfolio diversification for systemic risk reduction. The 20 lowest closeness centralities indicated the minimum variance portfolios for both periods.

Keywords: Systemic Risk. Dilma Rousseff 's reelection. Correlation. Minimum Spanning Tree. Cluster Analysis.

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| SUMÁRIO | 9 |
| LISTA DE FIGURAS | 11 |
| LISTA DE TABELAS | 12 |
| LISTA DE GRÁFICOS | 13 |
| LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS | 14 |
| 1.INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 16 |
| 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA..... | 17 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 19 |
| 1.4RELEVÂNCIA..... | 19 |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 21 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 22 |
| 2.1 ECONOMIA FINANCEIRA – ASSET PRICING..... | 22 |
| 2.1.1 Puzzles: os Enigmas das Finanças | 23 |
| 2.1.2 Risco | 25 |
| 2.1.2.1 Volatilidade..... | 25 |
| 2.1.2.2 Risco Não Sistemático e Sistemático..... | 28 |
| 2.1.2.3 Risco Sistêmico..... | 29 |
| 2.2 ECONOMIA E SISTEMAS COMPLEXOS..... | 30 |
| 2.2.1 Redes Complexas | 31 |
| 2.2.1.1 Medidas de Centralidade..... | 35 |
| 2.2.1.2 Árvores..... | 37 |
| 2.2.2 Árvores Geradoras Mínimas – MST’s | 38 |
| 2.2.2.1 Aplicação em Finanças..... | 39 |
| 2.2.2.2 Legado Teórico..... | 41 |
| 2.2.3 Análise de Agrupamentos | 43 |
| 2.2.3.1 Método K..... | 44 |
| 2.2.3.2 Agrupamentos Hierárquicos..... | 44 |
| 3. METODOLOGIA | 47 |
| 3.1 DADOS E TRATAMENTO..... | 47 |
| 3.2 ANÁLISE DE DADOS..... | 49 |

| | |
|--------------------------------------------|----|
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 52 |
| 4.1 ANÁLISE DINÂMICA..... | 52 |
| 4.1.1 Média..... | 52 |
| 4.1.2 Variância..... | 53 |
| 4.1.3 Comprimento de Rede..... | 54 |
| 4.1.4 Assimetria..... | 54 |
| 4.1.5 Curtose | 56 |
| 4.2 ANÁLISE HIERÁRQUICA..... | 57 |
| 4.2.1 Período Pré Reeleições..... | 58 |
| 4.2.2 Período Pós Reeleições..... | 65 |
| 4.3 DISCUSSÃO..... | 72 |
| 5. CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS | 80 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 81 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura 1 - Grafo 1..... | 32 |
| Figura 2 – Distribuição de Grau..... | 35 |
| Figura 3 - Grafos 2 e 3..... | 36 |
| Figura 4 – Sequência do Algoritmo de Kruskal..... | 38 |
| Figura 5 – Sequência do Algoritmo de Prim..... | 39 |
| Figura 6 – Sequência do Método K..... | 44 |
| Figura 7 – Dendrograma..... | 45 |
| Figura 8 – MST Pré Reeleição..... | 59 |
| Figura 9 – Dualidade MST Pré Reeleições..... | 60 |
| Figura 10 – Grupos da MST Pré Reeleições..... | 62 |
| Figura 11 – Rede dos Clusters Pré Reeleições..... | 63 |
| Figura 12 – Demonstração do Dendrograma Pré Reeleições..... | 65 |
| Figura 13 – MST Pós Reeleição..... | 66 |
| Figura 14 – Dualidade MST Pós Reeleições..... | 68 |
| Figura15 – Demonstração do Dendrograma Pós Reeleições..... | 69 |
| Figura 16 – Grupos da MST Pós Reeleições..... | 70 |
| Figura 17 – Rede dos Clusters Pós Reeleições..... | 70 |
| Figura 18 - Mínimo Risco Sistemico Pré Reeleições..... | 76 |
| Figura 19 - Mínimo Risco Sistemico Pós Reeleições..... | 78 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tabela 1- Retornos Pré e Pós Reeleição em R\$..... | 18 |
| Tabela 2 – Tabela 2 – Valor de Mercado Médio por Setor em bilhões de R\$..... | 19 |
| Tabela 3 – Medidas de Centralidade dos Vértices Pré Reeleição..... | 58 |
| Tabela 4 – Estatísticas Consolidadas do Período Pré Reeleições..... | 63 |
| Tabela 5 – Medidas de Centralidade dos Vértices Pós Reeleição..... | 67 |
| Tabela 6 – Estatísticas Consolidadas do Período Pós Reeleições..... | 69 |
| Tabela 7 –Menores Centralidades Pré Reeleições..... | 78 |
| Tabela 8 –Menores Centralidades Pós Reeleições..... | 78 |
| Tabela 9 – Estatísticas Consolidadas..... | 80 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| Gráfico 1 – Estratégias Investimento | 24 |
| Gráfico 2 - Distância de Correlação – Média..... | 53 |
| Gráfico 3 - Distância de Correlação – Variância..... | 53 |
| Gráfico 4 - Comprimento de Rede..... | 54 |
| Gráfico 5 - Distância de Correlação – Assimetria..... | 55 |
| Gráfico 6 - Distância de Correlação – Curtose..... | 56 |
| Gráfico 7 – Método Silhouette – Pré Reeleições..... | 64 |
| Gráfico 8 – Método Gap – Pré Reeleições..... | 65 |
| Gráfico 9 – Método Silhouette – Pós Reeleições..... | 71 |
| Gráfico 10 – Método Gap – Pós Reeleições..... | 72 |
| Gráfico 11 – MST Dinâmica – Dois Ângulos..... | 73 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- PSDB** – Partido da Social Democracia Brasileira
- PT** – Partido dos Trabalhadores
- CNI** – Confederação Nacional da Indústria
- IBOPE** – Instituto Brasileiro de Opinião e Estatística
- PIB** – Produto Interno Bruto
- BOVESPA** – Bolsa de Valores de São Paulo
- BMFBOVESPA** – Bolsa de Mercadorias, Futuros e Valores de São Paulo
- MST** – Minimum Spanning Tree
- NYSE** – New York Stock Exchange
- Ibovespa** – Índice BOVESPA
- GE** – General Electric
- FNA** – Financial Network Analytics
- FIRAMIS** - Financial Risk and Asset Management with Intelligent Systems
- CAPM** – Capital Asset Pricing Model
- CCAPM** – Consumption Capital Asset Pricing Model
- APT** – Arbitrage Pricing Theory
- ICAPM** – Intertemporal Capital asset Pricing Model
- NEFIN** – Núcleo de Estudos Financeiros
- NASDAQ** - National Association of Securities Dealers Automated Quotations
- EUA** – Estados Unidos da América
- FTESE** - Financial Times and the London Stock Exchange
- ASE** – Athens Stock Exchange
- WRG** - Weighted Random Graph
- SENSEX** - S&P Bombay Stock Exchange Sensitive Index
- HSI** - Hang Seng Index
- TWSE** - Taiwan Stock Exchange Corporation
- SET** - Stock Exchange of Thailand
- PSEi** - Philippine Stock Exchange
- S&P** – Standard & Poor's
- ASX** - Australian Securities Exchange
- KOSPI** - Korea Composite Stock Price Index
- HKSE** – Hong Kong Stock Exchange

JSE- Jamaica Stock Exchange

ALSI – All Share Index

DST – Dynamical Minimum Spanning Tree

PN – Preferenciais Nominais

ON – Ordinárias Nominais

FMI – Fundo Monetário Internacional

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde 2013 o Brasil vem passando por um período de conturbação política e social. A Copa das Confederações daquele ano foi marcada por inúmeros protestos representando a insatisfação da população em relação ao excesso dos gastos públicos com os estádios da Copa do Mundo de 2014 e com a alta da inflação, que ocasionou redução do poder de compra. Além disso, em outubro de 2013, uma reportagem icônica do *The Economist*¹, de capa e quatorze páginas, alardeou o mercado sobre a situação brasileira: inflação em alta, protestos por todo país.

Em 2014, após a Copa do Mundo, as eleições presidenciais brasileiras se tornaram um gatilho discrepante para uma crise política e, conseqüentemente, uma crise econômica. Após uma campanha dura, tida por muitos como de baixo calão, com ataques grosseiros dos dois principais candidatos, Aécio Neves (PSDB) e Dilma Rousseff (PT) um contra o outro, a segunda foi reeleita por uma pequena margem de diferença: obteve 51,64%² dos votos válidos. Entretanto, havia uma grande expectativa do mercado em relação ao primeiro candidato.

Após sua posse, a presidente possuía apenas 12% de aprovação (avaliação do seu governo como ótimo ou bom), de acordo com Pesquisa CNI – IBOPE em março de 2015³. O desgaste se dava principalmente por escândalos de corrupção e uma política contracionista de combate à inflação causando redução do PIB e elevação do desemprego. Conseqüentemente, ocorreu queda na arrecadação, demandando cortes de gastos públicos. A operação Lava Jato revelou escândalos de corrupção na Petrobrás e empresas com ela ligadas, enquanto o judiciário federal estaria levando até as últimas conseqüências um sistema de delação premiada para combater a corrupção. Diante disso, as principais agências internacionais de risco indicaram aumento do risco sistêmico⁴ para a economia brasileira e reduziram a sua nota para abaixo do nível de investimento, que passou a ser denotado como especulativa.

Como se não bastasse, foi aceita denúncia para instauração de processo de *impeachment* contra a presidente devido às “pedaladas fiscais”: uma manipulação orçamentária dos gastos

¹ Disponível em < <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/09/1347724-brasil-estragou-tudo-questiona-revista-economist.shtml>>.

² De acordo com dados disponíveis em <http://www.tse.jus.br/eleitor-e-eleicoes/estatisticas/eleicoes/eleicoes-antiores/estatisticas-candidaturas-2014/estatisticas-eleitorais-2014-resultados>

³ Disponível em <http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Documents/Pesquisa%20CNIIBOPE%20Aval%20do%20governo%20-%20mar2015.pdf>

⁴ Risco de colapso de um setor e conseqüentemente da economia como um todo.

públicos orquestrada juntos aos bancos estatais. Concomitante a um período de protestos nas ruas do país e muita turbulência política, o processo de *impeachment* da presidente foi aceito pelo judiciário e deferido pelo parlamento, de acordo com os aspectos legais previstos.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O período tempestivo que o Brasil passou de 2013 a 2016 pode ser dividido em dois períodos: o período anterior à reeleição de Dilma Rousseff, aqui denominado pré reeleições, e o período que seguiu após divulgação dos resultados eleitorais até o *impeachment*, pós reeleições. Outro aspecto para essa definição é o fato de que nos anos de 2013 e 2014 o PIB cresceu respectivamente 3% e 0,5% respectivamente, já nos anos de 2015 e 2016, refletindo um período de crise econômica, diminuiu -3,77% e -3,60%⁵ A série histórica, fatos e dados, sugerem que o risco de mercado no período pós reeleição foi maior que no período anterior. De acordo com Duarte Junior (2001), o risco do mercado⁶ acionário é medido pela volatilidade dos retornos nesse mercado. Essa relação entre eleições e risco já foi estudada anteriormente por autores como Leblang e Mukherjee (2004), os quais mostraram que a volatilidade do mercado acionário diminuía quando era esperado que o Partido Democrata ganhasse a eleição americana, e também por Jones e Banning (2009) que, na outra mão, concluíram que as eleições americanas pouco influenciam na predição dos retornos das ações.

De fato, para a BM&FBOVESPA, Silva, Barbosa e Ribeiro (2017), mostraram que 71% das ações negociadas na Bolsa de São Paulo apresentaram quebra estrutural em seu retorno e um aumento da persistência da volatilidade, ou seja, elevação do risco de mercado após a divulgação dos resultados da eleição de 2014. Os dados do retorno do Índice Bovespa, o IBOVESPA, para o período antes dos resultados eleitorais e após (Tabela 1) mostraram um aumento de 16,58% nessa volatilidade entre os períodos - variação de 0,0139 para 0,0162 – corroborando o trabalho dos autores. Dessa forma indaga-se: já que o risco de perdas financeiras decorrentes da variação dos preços das ações aumentou, teria o risco sistêmico do mercado acionário também se modificado?

⁵ De acordo com IBGE. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?&t=series-historicas>

⁶ Risco de perdas financeiras decorrentes de variações nos preços dos ativos.

Tabela 1- Retornos Pré e Pós Reeleição em R\$

| Estatística | Pré Crise | Pós Crise |
|---------------|------------|-----------|
| Média | -0.0002502 | 0.0003281 |
| Erro Padrão | 0.0004023 | 0.0006938 |
| Desvio Padrão | 0.0139075 | 0.0162129 |
| Variância | 0.0001934 | 0.0002629 |
| Assimetria | -0.1918063 | 0.2120611 |
| Curtose | 4.698712 | 3.600894 |

Fonte: Resultados obtidos pelo autor a partir dos dados da BM&FBOVESPA de 2013 a 2016.

Além disso, a Bolsa de São Paulo movimentou valores menores se comparada a dos EUA, Europa, Japão, China, mas possui um expressivo valor de mercado, o maior da América Latina. A análise das informações da Tabela 2 sugerem uma alteração dos setores predominantes, com base no seu valor de mercado.

Enquanto a maioria dos setores perderam valor de mercado diante da crise, os setores de consumo e financeiro parecem ter sido menos afetados, especialmente o segundo. *Too interconnected too fail*⁷: seriam esses setores os mais importantes nesse mercado nos dois períodos levantados?

Tabela 2 – Valor de Mercado Médio por Setor em bilhões de R\$

| Setor | 2012 | 2013 | Variação | 2014 | Variação | 2015 | Variação |
|-------------------------|----------------|----------------|----------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Construção e Transporte | 121.07 | 118.83 | -1.85% | 98.58 | -17.04% | 73.30 | -25.64% |
| Consumo | 548.37 | 645.78 | 17.76% | 645.86 | 0.01% | 667.60 | 3.37% |
| Financeiro | 641.25 | 712.88 | 11.17% | 777.64 | 9.08% | 771.70 | -0.76% |
| Materiais Básicos | 335.19 | 310.92 | -7.24% | 264.17 | -15.04% | 209.30 | -20.77% |
| Petróleo, Gás, Biocomb. | 330.8 | 239.82 | -27.50% | 215.78 | -10.02% | 137.80 | -36.14% |
| Telecomunicações | 135.14 | 100.74 | -25.46% | 111.44 | 10.62% | 91.00 | -18.34% |
| Utilidades | 247.24 | 216.49 | -12.44% | 207.38 | -4.21% | 194.60 | -6.16% |
| Outros | 57.92 | 67.9 | 17.23% | 69.87 | 2.90% | 70.00 | 0.19% |
| Total | 2416.98 | 2413.36 | | 2390.72 | -0.94% | 2215.3 | -7.34% |

Fonte: BM&FBOVESPA (2014), (2015) e (2016)

⁷ Muito conectada para falhar. Conceito inerente ao risco sistêmico de que existiriam empresas tão interconectadas as demais que se quebrassem também colapsariam setores inteiros e até mesmo a economia a inteira. Dessa forma, tais instituições deveriam ser monitoradas e receber intervenção estatal para protegê-las.

1.3 OBJETIVOS

Para responder às perguntas levantadas, esse trabalho possui como objetivo principal avaliar se o risco sistêmico do mercado acionário brasileiro aumentou após a reeleição da ex-presidente Dilma Roussef. O segundo objetivo principal é desvendar os agentes e setores centrais assim como a forma que se alteraram do período pré reeleições para o pós reeleições. Atingindo-se os objetivos principais é possível constituir carteiras de mínima variância e mínimo risco sistêmico para ambos períodos. Dessa forma, o objetivo secundário desse trabalho é mostrar como foram compostos esses portfólios nos dois períodos.

Para nos auxiliar a alcançar esses objetivos, foi utilizada metodologia semelhante ao trabalho de Sandoval Jr e Franca (2012). Os mesmos indicaram que a volatilidade nos mercados emergentes se move de maneira sincronizada com a correlação entre os retornos das ações. Ou seja, há uma forte influência do comportamento do retorno das ações uma sobre as outras. Essas correlações agem como um efeito cascata e sua duração está ligada a persistência da volatilidade. Mantegna (1999) propôs analisar essa correlação por meio de Redes Complexas, utilizando as Árvores Geradoras Mínimas ou *Minimum Spanning Trees - MST*⁸. Nessa estrutura, as ações são os vértices e o nível de correlação as arestas, de forma que quanto maior fosse a correlação menor o valor das ligações. Dessa maneira, alterações na volatilidade implicam em alterações no nível de correlação e na topologia⁹ dessa árvore. Por meio de sua análise é possível avaliar se o risco sistêmico alterou-se e como a estrutura do mercado, agora representado como uma rede, modificou-se. Esse trabalho basea-se principalmente em Onnela et al (2003a), que analisaram a dinâmica dessa estrutura de redes ao longo do tempo detectando a persistência da volatilidade e analisou a formação de portfólios; Zhang et al. (2011) e Nobi et al. (2013), que discutiram medidas de centralidade e de tamanho de redes associadas a períodos de crise e alta volatilidade.

1.4 RELEVÂNCIA

Para nos situarmos no estado da arte, vale destacar o trabalho de Bonanno, Lillo e Mantegna (2001). Eles montaram uma MST para os ativos da NYSE abrangendo o período de

⁸ Árvores Geradoras Mínimas. Tratam-se de uma rede em forma de árvore, cujos valores das ligações possuem o mínimo valor.

⁹ Formato, desenho

janeiro de 1995 a dezembro de 1998. Por meio dessa estrutura eles descobriram a predominância da GE -*General Electric*, ou seja, ela seria a empresa mais central da NYSE e conseqüentemente a mais importante em termos de influência nesse mercado como um todo. Nos termos do *too interconnected to fail* as agências reguladoras devem, então, focar na saúde dessa instituição uma vez que a sua falência causaria um efeito de contágio (MIRANDA e TABAK, 2013) em todo mercado. Tabak, Serra e Cajueiro (2010) construíram uma MST dinâmica para 47 ações da BM&FBOVESPA de 2000 a 2008 e analisaram *clusters*¹⁰ setoriais. Explicitaram de que forma os diferentes níveis de centralidades e formatos de rede se modificaram de um período para o outro. Preis et al. (2012) analisaram 72 anos de evolução da Árvore Geradora Mínima dos ativos da NYSE. Descobriram que durante os tempos de crise, a topologia da MST se altera, de forma que a diversificação da carteira de ativos – estruturada justamente para diminuir o risco nessa época – passa a não ter efeito. Markose, Giansante e Shanghaghi (2012) sugeriram que a utilização de redes como fundamental para compreensão dos mecanismos de contágio durante as crises, mapeando as interligações e desvendando as instituições centrais, levando em considerações as premissas do *too big to fail*¹¹ e também *too interconnected too fail*. Brida, Mantanzas e Seijas (2016) avaliaram os elementos centrais e a hierarquia associada a redes financeiras de correlação de forma multivariada. Acharya et. al. (2017) apresentaram um modelo para construção do risco sistêmico baseando-se no fato de que a descapitalização do setor financeiro afetaria todo lado real da economia.

Dessa forma, os resultados finais apresentados nesse trabalho são significantes para análise do comportamento dos retornos das ações que compõe o IBOVESPA, para definição de políticas públicas sob a ótica *too big to fail*, *too interconnected to fail*, e a composição ótima de carteiras de investimento. As redes tornam clara a informação de ações e setores da economia com influência predominante no mercado acionário, cujos retornos apresentam papel chave para o comportamento da BOVESPA como um todo. O esclarecimento desse conjunto de elementos centrais, favorece a implantação de políticas públicas de controle do risco de colapso do sistema. Hermom et al. (2010) evidenciaram quais os agentes centrais protegeriam ou espalhariam uma crise por toda rede. Por fim, o formato das redes e suas medidas de centralidade evidenciaram em quais os períodos o risco sistêmico do mercado acionário foi maior, delineando assim o período de crise.

Vale destacar, também, a importância desse trabalho para projetos futuros de elaboração

¹⁰ Agrupamentos

¹¹ Noção associada que existiria instituições tão grandes que se falissem causaria o colapso de todo sistema; sendo necessário, portanto, intervenção estatal para protege-las.

de softwares de análise de risco e criação de patentes nesse ramo. Há uma grande lacuna no que diz respeito a criação de índices para o risco sistêmico e a utilização de redes poderia ser uma maneira eficiente e de fácil visualização de identificar os elementos mais importantes para a robustez do sistema. Já existem programas que utilizam redes de correlação para esse tipo de análise na Europa – como o FNA® -*Financial Networks Analytics*¹², criado em Londres em 2014 e o FIRAMIS® - *Financial Risk and Asset Management with Intelligent Systems*¹³ de Frankfurt, na Alemanha, criado em 2012. Essas empresas são pioneiras num mercado que mesmo embrionário, está atraindo investimento, emprego e clientes na Europa. Elas trabalham juntas a centros de pesquisa e suas equipes também realizam publicações aos temas relacionados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho segue assim estruturado: o presente capítulo com a introdução do tema, a contextualização e a apresentação dos objetivos. O Capítulo 2 traz o referencial teórico necessário proveniente da Economia Financeira – *Asset Pricing*, incluindo as definições de risco em discussão. Nele também se encontra o referencial da abordagem da Economia como um Sistema Complexo incluindo estruturas hierárquicas em redes. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada nesse trabalho, desde a obtenção dos dados dos retornos das ações, a construção e validação da rede com base na distância de correlação, sua transformação em uma Árvore Geradora Mínima, a extração dos dados das estatísticas de rede e sua análise. Capítulo 4 os resultados de acordo com os objetivos propostos e as discussões. Por fim o Capítulo 5 as considerações conclusivas.

¹² <http://www.fna.fi/>

¹³ <https://www.firamis.de>

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ECONOMIA FINANCEIRA – ASSET PRICING

Vários modelos foram elaborados com objetivo de explicar o retorno de investimentos em ações e a composição ótima de carteiras. Os mais tradicionais foram o de Markowitz e o *Capital Asset Pricing Modeling* – CAPM, bem como suas variações.

O modelo de Markowitz (1952), teve como hipótese fundamental que os agentes optavam pelos ativos com menor variância e maior média – maior diversificação do portfólio - eram aversos ao risco, maximizadores de sua utilidade e racionais.

Já o CAPM, modelo introduzido por Sharpe (1964) e Lintner (1965), foi sua extensão, adicionando-se novos seguintes pressupostos: (i) homogeneidade nas expectativas; e, (ii) existência de um ativo livre de risco. O CAPM baseou-se na covariância entre o retorno da carteira e o retorno do mercado, descontado o retorno livre de risco – equação (1).

A falta de correspondência empírica dessa modelagem fez com que surgissem várias extensões. Dentre elas, o modelo ICAPM - *Intertemporal Capital Asset Pricing*, estruturada por Merton (1973) assume que o investidor, maximizador de utilidade e com restrição orçamentária, utiliza seus ativos financeiros para suavizar o consumo, ou seja, incorpora a possibilidade de consumo futuro, de reinvestimento, levando ainda em conta seus salários e preços. Fama (1991) citou o ICAPM como “a licença para pescaria de fatores” explicitando a simplicidade de sua modelagem econométrica em busca de fatores que explicassem os retornos financeiros.

Outra importante variação foi o CCAPM – *Consumption Capital Asset Pricing Modeling*. Baseou-se nos modelos de Lucas (1978) e Breeden (1979). Esse modelo relacionou consumo e retorno dos ativos, na tentativa de se compreender e prever os preços futuros, ao invés do retorno. Entretanto o CCAPM gerou previsões cujos resultados foram distintos dos observados empiricamente.

Mais uma importante extensão foi a APT- Arbitrage Pricing Theory, de Ross (1976). As principais características da APT são: mercado competitivo; investidores sempre preferem mais riqueza do que menos e os processos geradores dos retornos podem ser escritos como um modelo de fatores. Lehmann e Modest (1988) concluíram que a Arbitrage Pricing Theory possuiria restrições específicas em relação a estratégias de investimento ligadas ao tamanho da empresa. Em relação a esta estratégia, Banz (1981) concluiu que o modelo CAPM não era capaz de explicá-la. Fama e French (1993), (1996) recapitulam o modelo CAPM – via ICAPM -

adicionando variáveis-fatores ao modelo para tentar explicar essas anomalias. Mesmo assim, os mesmos Fama e French, em (2004), alegaram que os pressupostos básicos da CAPM – como racionalidade perfeita, ausência de custo de transações, homogeneidade dos agentes e simplicidade estrutural do modelo econométrico – eram falhos.

Ahn, Horestein e Wang (2014) construíram um modelo de Análise Fatorial para observar 26 anomalias diferentes identificadas pelo ICAPM, para a NYSE, com dados mensais de janeiro de 1952 a dezembro de 2011. Encontraram apenas cinco variáveis latentes significativas: uma correlacionada ao retorno do mercado (de acordo com modelo CAPM), duas correlacionadas às estratégias tamanho e valor e outras duas não definidas, mas ligadas ao risco do mercado.

Elbannan (2015), destacou as seguintes falhas do modelo CAPM: problema da proxy do mercado, retorno do mercado teria que tomar como base todos os demais ativos, não somente os de risco, e o pressuposto dos agentes se preocuparem com a mínima variância por somente um período. Além disso, destacou que, empiricamente, esse modelo não apresentava bons resultados, justamente pelo fato dessas falhas originarem as anomalias denominadas *puzzles*¹⁴.

2.1.1 Puzzles: os Enigmas das Finanças

O modelo tradicional CAPM, de acordo com Back (2017, pag. 128), seria:

$$E[R_i] - R_z = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)} (E[R_m] - R_z) \quad (1)$$

- (i) $E[R_i]$ = retorno esperado do ativo i
- (ii) $E[R_m]$ = retorno esperado do mercado
- (iii) R_z = retorno do ativo livre de risco ($\beta = 0$)
- (iv) $\frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)} = \beta$ de mercado

O modelo posiciona que o prêmio de risco (a diferença entre o retorno esperado de determinado ativo e o retorno livre de risco) deve ser igual ao prêmio de risco do mercado ponderado pelo seu respectivo β de mercado. Desse modo, diferentes ativos possuem diferentes prêmios de risco por possuírem diferentes betas. Note que o coeficiente β se trata do parâmetro

¹⁴ Enigmas, anomalias não explicadas pela modelagem tradicional.

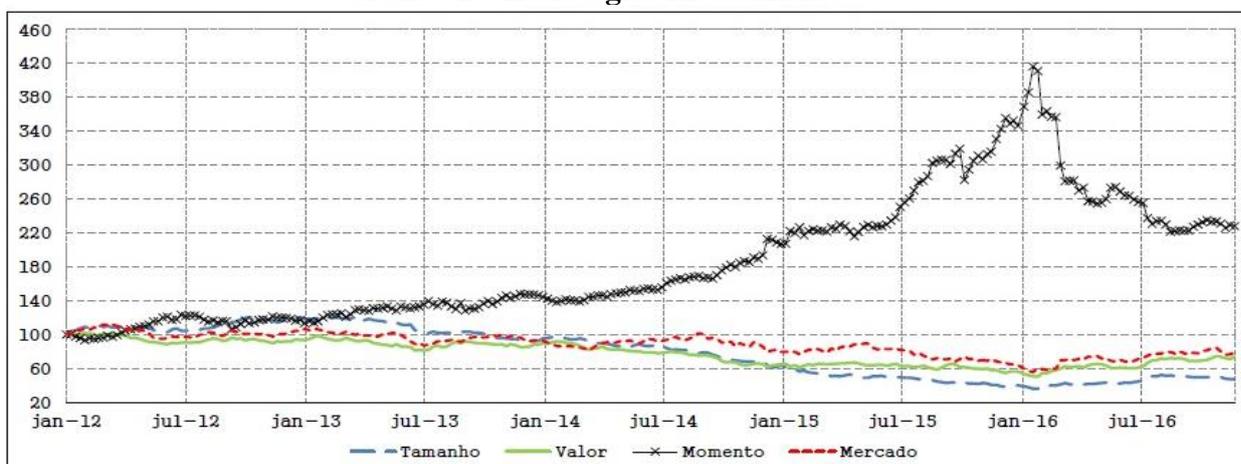
da regressão e que denotaria a sensibilidade do retorno do ativo em relação ao retorno do mercado, descontados os retornos livre de risco. Dessa forma, tudo que não estaria inserido nesse modelo, ou seja, todas outras variáveis que afetariam o retorno dos ativos e não fosse o retorno do mercado, seriam consideradas como anomalias ao modelo.

Os americanos Eugene F. Fama e Kenneth R. French possuem publicações desde década de 90 abordando as anomalias na modelagem CAPM: Fama e French (1993), (1996), (2004), (2008), (2012) e (2016). Os autores apresentaram modelos com três até cinco fatores anômalos. Para os mesmos, as principais anomalias estavam relacionadas às estratégias de formação dos portfólios de investimento. Eles também apresentaram os conceitos das principais estratégias para montagem de portfólio: tamanho, valor e momento.

A primeira, o tamanho, consiste em vender ativos de empresas com maior representatividade no mercado – pagam menor retorno por apresentaram menor risco - e comprar daquelas com menores representatividade, que teoricamente tendem a pagar um maior retorno por incorrerem em maior risco, mantendo-as em carteira por um ano; a segunda, o valor, resume-se em vender das empresas com menor valor contábil e comprar das com maior valor; a terceira, momento, consiste em vender ativos que dão retornos menores (perdedores) e comprar dos que dão retornos maiores (ganhadores).

Autores como Jegadeesh e Titman (1993) mostraram que ganhadores continuam a ganhar por um período de três a doze meses. Um investidor ao adotar a estratégia momento poderia obter um retorno final maior em cerca de 40% (BARROSO e SANTA CLARA, 2015). A estratégia momento aplicada ao estudo da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo, de acordo com dados do Núcleo de Estudos Financeiros da USP, (NEFIN,2016) que pode ser observada no Gráfico 1, chegou a proporcionar um retorno 400% superior as demais,

Gráfico 1 – Estratégias Investimento



Fonte: Extraído de NEFIN, 2016

para dados de janeiro a dezembro de 2015. Essa também se associa ao excesso de correlação entre ativos, de acordo com Lewellen (2002), que destacou a importância do estudo dessa relação. Geczy e Samonov (2013) delinearão que essa estratégia também traz perdas maiores nos momentos de crise da economia e nos chamados *reversal*: momento no qual o retorno inverte sua inclinação, de ascendente para descendente, por motivo ainda não especificado.

Além dessas anomalias várias outras também foram encontradas, (316 até 2012), incluindo trabalhos *working papers*, de acordo com Harvey, Liu e Zhu (2015). Os mesmos sugerem um maior rigor estatístico para análise dos fatores. Porém, fica claramente exposto que a modelagem CAPM, em si, é ineficiente para explicar os retornos dos investimentos.

2.1.2 Risco

Para Dowd (2007) a definição para risco está ligada a aleatoriedade, probabilidade e incerteza. Essa última se trata do o risco não quantificável e inerente a possibilidades de perdas financeiras. A combinação desses fatores leva a existência de um risco financeiro diretamente ligado a chances de prejuízo ou lucro devidos a oscilações nos fatores de risco do mercado, como o preço e taxa de juros.

2.1.2.1 Volatilidade

A volatilidade foi definida por Veiga, Fernandes e Baidva (1993) como “a variação, ao longo do tempo, da variância condicional de uma série temporal”. Para Dowd (2007) a volatilidade é uma medida do risco e existem diversas formas de mensurá-la, destacando-se: GAP, *Duration*, Análise de Cenários, Teoria dos Portfolios e VaR:

a) Gap: essa formulação mede o risco em relação a exposição a taxas de juros. Inicialmente, escolhe-se um intervalo de tempo e uma expectativa de quanto o preço do ativo iria se alterar nesse período. O *GAP* é dado pela razão entre a variação da receita líquida dos juros, ΔNII e a variação da taxa de juros, Δr :

$$GAP = \frac{\Delta NII}{\Delta r} \quad (2)$$

b) *Duration*: a razão da média ponderada do fluxo de pagamentos de um ativo *i* pelo

valor presente todos de fluxos possíveis ponderados por seus respectivos valores presentes (DOWD, 2007, pag. 5):

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \times PVCF_i}{\sum_{i=1}^n PVCF_i} \quad (3)$$

$PVCF_i$ = valor presente do fluxo de pagamentos do período i

t_i = tempo até se receber o i éximo pagamento

Com esse valor, é possível calcular o a sensibilidade da variação dos preços sobre o retorno, sendo que, quanto maior fosse a *Duration* maior seria esse impacto:

$$\Delta\% \text{ nos preços dos ativos} \approx - \frac{D\Delta y}{(1+y)} \quad (4)$$

y = retorno

c) Análise de Cenários: essa consisti na simulação de vários cenários possíveis para taxa de juros, preços e demais variáveis que alteram a volatilidade em seus mercados. Assim o formulador tem em mãos várias possibilidades de futuros diferentes e suas probabilidades de ocorrência. A grande questão dessa abordagem é a escolha correta da simulação/cenário que seria comparada com a realidade. Quanto mais no futuro o cenário avançar, maiores probabilidades de erro. No final, a análise do cenário está embutida de critérios subjetivos e mais ligada a capacidade criteriosa de seu formulador do que análise de dados, em si.

d) Teoria dos Portfolios: essa se trata da mesma medida de volatilidade apresentada por Markowitz (1952) e Sharpe (1964) e Lintner (1965). Para o primeiro autor, o risco é definido como o desvio padrão σ de uma série estocástica de valores x_i $\{x_i\}_{i=0}^n$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \mu)^2}{n}} \quad (5)$$

Sendo x_i o valor de cada uma das n observações do processo estocástico e μ sua média.

Já Sharpe (1964) e Lintner (1965) apresentaram a volatilidade do mercado, que não é afetada pela diversificação da carteira de ativos e seria calculada erro padrão do β de mercado. Assim, volatilidade de mercado, a medida do risco de mercado, é calculada pelo erro padrão da

regressão do CAPM:

$$\text{Erro padrão} = \frac{\sigma}{n^2} \quad (6)$$

A volatilidade idiossincrática se trata da medida para o risco diversificável. Do modelo CAPM na equação (1), Campbell, Lo e Mackinlay (1997, pag.183), representaram a formulação para ser utilizada para cálculos em séries temporais:

$$Z_i = \alpha_{im} + \beta_{im}Z_{mt} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

Sendo: Z_i definido como excesso de retorno do ativo i . β_{im} representa a sensibilidade do excesso de retorno do ativo i em relação ao excesso de retorno do mercado. Z_{mt} o excesso de retorno do mercado e ϵ_{it} seria o risco idiossincrático, específico do ativo i . Dessa forma, a volatilidade idiossincrática seria o erro padrão de ϵ_{it} :

$$\text{Erro padrão de } \epsilon_{it} = \frac{\sigma_{\epsilon_{it}}}{n^2} \quad (8)$$

e) Value at Risk (VaR): de acordo com Linsmeier e Pearson (1996), o VaR consiste no valor do limite caudal à esquerda de uma distribuição de densidade de probabilidades dos retornos padronizados. Dessa forma obtêm-se um nível de significância $p = 1 - \alpha$, sendo α o nível de confiança. Assim, o valor q do limite da cauda em relação ao nível de confiança seria o VaR:

$$\text{VaR} = -q_p \quad (9)$$

2.1.2.2 Risco Não Sistemático e Sistemático

De acordo com a Moderna Teoria das Carteiras, que envolve análise de risco e composição de portfólios, os riscos não sistemáticos são aqueles que podem ser mitigados pela diversificação da carteira de investimentos. O cerne dessa teoria, consiste na abordagem de Markowitz (1952). Dada a incerteza sobre o futuro, existe um risco e um prêmio que alteram o valor dos preços dos ativos no presente, levando-se em conta as expectativas dos agentes.

Dessa forma, o portfólio ótimo é aquele diversificado suficientemente para se obter a menor variância possível dado um nível de retorno.

Já Sharpe (1964) e Lintner (1965) na modelagem CAPM, introduziram o β_m de mercado e a modelagem por um fator, o R_m , retorno do mercado. Como o β mede uma correlação entre o retorno dos ativos e o mercado, esse corresponderia a um risco cuja diversificação não surtiria nenhum efeito, um risco não diversificável. Uma vez que a máxima diversificação possível é o próprio mercado, o β_m representa um risco sistemático. Levando este risco em consideração, Dowd (2007) distinguiu o risco de crédito e o risco operacional do o risco de mercado.

O risco de crédito é a chance de prejuízos advindos de uma das partes de um contrato não honrar com seus compromissos. Duarte (2001) dividiu em três grupos:

- (i) Risco país associado à probabilidade de um país de decretar moratória de sua dívida.
- (ii) Risco político associado a restrições do movimento de capitais e se relaciona ao advento ao poder de grupos dispostos a implementá-las, por exemplo, ditaduras militares, eleições, dentre outros.
- (iii) Risco de falta de pagamento ocorre quando uma das partes de um contrato não honra seus compromissos por qualquer outro motivo.

O risco operacional estaria relacionado às chances de ocorrerem prejuízos devido a falha de sistemas internos das instituições. Duarte (2001) os dividiu nos seguintes grupos:

- (i) Risco organizacional está relacionado à deficiências administrativas e de controle de informações.
- (ii) Risco de operações é aquele que se relaciona a execução das atividades afins da instituição, como sobrecargas nos sistemas internos, fraudes e erros, dentre outros.
- (iii) Risco de pessoal é inerente aos recursos humanos, como qualificação, motivação, dentre outros.

Enfim, o risco de mercado. Esse é o que se associa a probabilidades de perdas devido a variação imprevistas ou aleatórias nos preços do mercado alvo. Por exemplo, Duarte (2001) o dividiu em quatro grupos:

- (i) Risco do mercado acionário, aquele inerente à possibilidade de perdas devido à oscilação dos preços das ações.
- (ii) Risco do mercado de câmbio que reflete a possibilidade de perdas devido à variação cambial.
- (iii) Risco do mercado de juros, aquele inerente à perdas refletindo a variação da taxa de juros.

(iv) Risco do mercado de *commodities* é aquele inerente à possibilidade de perdas devido à oscilação dos preços das *commodities*.

2.1.2.3 Risco Sistêmico

Em busca de evitar sucessivas crises nos mercados globais, o estudo do risco sistêmico tem passado por várias abordagens na construção de indicadores eficientes. Bernoit et al. (2017) relataram que o risco sistêmico possui um conceito difícil de se definir, mas fácil de se observar quando ele ocorresse. Seu principal objetivo foi identificar as vulnerabilidades do sistema financeiro e tentar corrigi-las ou amenizá-las. Essa ideia vem de pelo menos da década de setenta. O conceito de um risco inerente ao colapso total da economia ou setor teria se iniciado com Merton (1974). O mesmo mostrou que a modelagem financeira até então, não considerava a importância de incluí-lo. Dimond e Dybvig (1986) discutiram o risco sistêmico associado ao risco moral de corridas a bancos. Sugeriu que intervenção estatal é bem-vinda nesses casos, assim como a inserção do risco sistêmico na modelagem financeira.

Além disso, a moratória dos países em desenvolvimento dos anos 80 evidenciou a importância e necessidade da modelagem relacionada ao risco sistêmico. Dessa forma, foram elaboradas recomendações para a estabilidade das economias e controle/redução do risco. Vários acordos e mecanismos de controles foram elaborados: Basileia I, II e III, (BASLE COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION, 1998), (BASLE COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION, 2004) e (BASEL COMMITTEE et al. , 2010) assim como a criação de regulações pelo Fundo Monetário Internacional. Essas recomendações separam-se em duas abordagens distintas: as micro prudenciais e as macro prudenciais. De acordo com Kemp (2017) as políticas macro prudenciais são aquelas adotadas pelo governo central de forma abrangente em busca de mitigar o risco sistêmico. Aquelas tomadas no âmbito da empresa, da instituição local, são as micro prudenciais. Entretanto, as noções relacionadas ao *too big too fail*, levam em consideração a existência de instituições importantes, as quais se monitoradas diminuem o risco sistêmico e a fronteira existente entre os conceitos micro e macro prudenciais. Até a crise dos *subprimes* o ponto de vista micro era mais comumente utilizado, pois assumia-se que com uma maior liberdade de ação das empresas a racionalidade dos agentes levaria a um equilíbrio no mercado, e assim, todos mercados se equilibrariam somando para um equilíbrio a nível macro. Por exemplo, Capelletto (2006) utilizou variáveis econômicas e contábeis individuais e criou índices que separavam os países de acordo com seu risco por grupos.

Utilizou uma regressão logística e criou índices para cada país baseado na probabilidade de cada um pertencer a um determinado grupo de risco.

Diferentemente, Harmon (2010) analisou o risco sistêmico de setores da economia americana por meio de redes complexas e identificou a forte influência do setor financeiro no risco sistêmico. Nesse sentido, Kemp (2017) pontuou que as regulações macro prudenciais seriam a nova fronteira para desenvolvimento dos estudos relacionados a risco sistêmico, mesmo com alguns conteúdos cuja essência seja micro prudencial. Segundo o mesmo, os reguladores dessas políticas estão agora voltados ao conceito do *too interconnected too fail*, porém salientou que falta de conectividade também não garante ausência de risco.

Por fim, Benoit et al. (2017) concluíram que ainda existem muitas ferramentas para análise do risco sistêmico disponíveis para as agências reguladoras e que os resultados dos diferentes métodos disponíveis estão caminhando para a convergência e criação de um único mecanismo para mensuração do risco sistêmico. A aplicação e o “*learning-by-doing*” nos levaria a adaptação e aperfeiçoamento desses mecanismos.

2.2.ECONOMIA E SISTEMAS COMPLEXOS

Segundo Boccara (2003), um sistema é o conjunto de vários elementos que interagem entre si resultando em um todo maior. Para um sistema ser considerado complexo deve possuir o atributo da emergência: por meio da interação de seus elementos, emerge, surge, um novo padrão, um novo elemento, sem a necessidade da imposição de um controlador central para isso. São exemplos: o voo de pássaros que em conjunto exibem um padrão, o tráfego de pedestres nas calçadas que criam filas no mesmo sentido de fluxo, o mercado financeiro que a partir da interação dos investidores e das empresas de capital aberto emerge um preço para o valor das ações, dentre outros. Esses sistemas possuem as seguintes características básicas:

- (i) Grande número de agentes interagindo entre si.
- (ii) O comportamento comum dos agentes segue uma regra simples, criando uma auto-organização a qual se transforma em um padrão para todo o grupo. Esse novo padrão não é observável na individualidade dos elementos.
- (iii) Inexistência de um controlador central.

A abordagem da Economia como um Sistema Complexo vem de pelo mesmo desde 1987, ocasião que um grupo de físicos e economistas se reuniram no Instituto Santa Fé nos Estados Unidos e discutiram a motivação para essa abordagem no meio científico. Em uma das

publicações após o evento, Arthur, Durlauf e Lane (1997), levantaram quais seriam os principais pontos que os economistas encontrariam dificuldades no desenvolvimento teórico da disciplina e os principais pontos a serem considerados para essa nova abordagem:

1. Interação dispersada: a interação de muitos agentes, heterogêneos, dispersos atuando em paralelo seria o que determinaria o que acontece na economia.
2. Inexistência de controlador central: as interações entre os agentes não possuiriam controlador central. Na verdade, elas seriam mediadas por instituições legais, contratos, etc.
3. Organização hierárquica: existiriam vários níveis de interação e agrupamentos: os agentes interagem entre si e formam empresas e unidades familiares. Esses por sua vez, se organizam entre si e formam setores produtivos, canais de comunicação, e assim em diante.
4. Adaptação contínua: comportamentos, estratégias de ação, produtos e a experiência acumulada estariam em constante adaptação.
5. Inovação: novos agrupamentos seriam constantemente criados por novos mercados, novas tecnologias, novos comportamentos, novas instituições, assim em diante.
6. Dinâmicas sem equilíbrio: devido ao processo inovador, melhorias seriam sempre possíveis e ocorreriam frequentemente, elevando a economia a novos patamares de desenvolvimento.

Para os mesmos, um sistema com essas características pode ser denominado como um Sistema (Complexo) Adaptativo Não Linear. Sua característica essencial é o fato de seus agentes formarem expectativas - irem além da ação e reação. Dessa forma, na Ciência Econômica existem os modelos preditivos que servem de guia para ação futura. Esses modelos induzem expectativas aos agentes, sendo irrelevante sua coerência e consistência. Assim, a economia se caracteriza como um Sistema Adaptativo não Linear.

Para se modelar esses sistemas são necessárias ferramentas computacionais mais poderosas e processos que vão além da abordagem linear, baseada em pontos de máximo de equações diferenciais. Uma das formas seria por meio de redes.

2.2.1.Redes Complexas

Após as repetidas crises que abalaram os mercados globais, como a Crise de 1929, a Sexta-Feira Negra de 1987, a Crise Asiática de 1997-1998, a Crise Dot-com em 2001 (a quebra da NASDAQ) e, a mais recente de 2008, *Subprime Mortgage Crisis*, vários pesquisadores encontraram na abordagem de redes a motivação para buscar novas perspectivas analíticas para

o estudo do mercado financeiro. De fato, essas crises assim como as outras são impossíveis de serem previstas pelos modelos tradicionais.

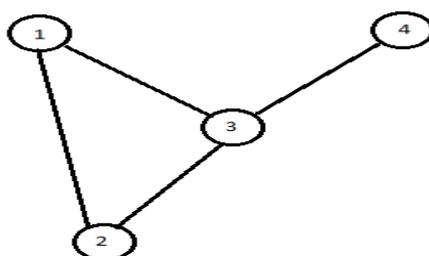
A abordagem da Economia como uma rede complexa vem tanto dos economistas e da sociologia, quanto dos físicos e dos sistemas complexos, de acordo com Schweitzer (2009). Para ambos a partir da interação entre os agentes conectados entre si (pessoas, empresas, bancos, países) emergiria um comportamento macro de difícil previsão. Essa nova abordagem adicionou os novos seguintes pressupostos que possibilitaram a sua modelagem: agentes heterogêneos, interação, evolução, aprendizado, descentralização.

Do ponto de vista técnico e matemático, Barabási (2012) explicitou que os grafos são a representação matemática das redes. Já de acordo De Nooy, Mrvar e Batagelj (2011) rede é um grafo com informações adicionais. Dessa forma, a Teoria dos Grafos constitui a ferramenta matemática de se criar, desenhar, analisar e explorar a redes. Segundo Wilson (1996) grafo é a representação de um conjunto de pontos (vértices) e a forma como estão conectados (pelas arestas), não sendo relevante propriedades métricas. Na Figura 1, tem-se representado um grafo simples.

Cada vértice se trata de um dos pontos circulares 1,2,3 e 4, conectados pelas arestas (1,2), (1,3), (2,3) e (3,4). O mesmo é simples por possuir apenas uma, ou nenhuma, aresta entre cada par de vértices. Não direcionado pelo fato das arestas não serem setas com origem e destino. As arestas também podem possuir valores, pesos, dependendo da representação da realidade que o grafo pretende demonstrar. Na Teoria dos Grafos as denominações grafos, vértices e arestas são equivalentes às denominações redes, nós e ligações (ou *links*) na Ciência de Redes. A utilização de redes para o estudo de estruturas complexas proporciona a oportunidade de se analisar aspectos únicos como homofilia, centralidades, fluxos, conectividade, agrupamentos hierárquicos, dentre outros.

Segundo Wilson (1996) a adjacência, ou vizinhança de um nó, representa o conjunto

Figura 1 - Grafo 1



Fonte: elaborado pelo autor

de todos vértices conectados a ele. A partir disso, e de que uma rede pode ser representada por meio de uma matriz, temos a chamada Matriz Adjacente. O Grafo 1 possui os seguintes conjuntos: $V = 1, 2, 3, 4$, os vértices, e $A = (1,2), (1,3), (2,3), (3,4)$, as arestas. Desse modo, a Matriz Adjacente é aquela cujas colunas j e linhas i representam os vértices, o conjunto V . Os elementos a_{ij} da matriz, o conjunto A , tais que:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se existe uma ligação de } j \text{ para } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Assim sendo:

| Vértice | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------------------|---|---|---|---|
| 1 | 0 | (1,2) | (1,3) | 0 | por regra | a Matriz Adjacente. | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | (2,1) | 0 | (2,3) | 0 | | | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | (3,1) | (3,2) | 0 | (3,4) | | | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | (4,3) | 0 | | | 0 | 0 | 1 | 0 |

Como se trata de um grafo simples, não direcionado, então $(4,3) = (3,4)$; $(1,2) = (2,1)$; e sucessivamente. Caso contrário, o valor “1” seria substituído pelo número de ligações do vértice j para o i , e por “2” em cada caso de auto-ligação. Caso as arestas possuíssem pesos, os valores representados seriam dos seus respectivos pesos, levando-se em conta sentido e quantidade.

Mais uma característica inerente às redes é o isomorfismo, definido como uma bijeção entre dois conjuntos V e dois conjuntos A , de forma que os vértices e arestas continuem sendo os mesmos, mas sendo desenhada e apresentada de formas diferentes.

Outras duas definições importantes, apresentadas por Feofiloff, Kohayakawa e Wakabayashi (2011), são caminho e comprimento. Caminho é o trajeto de um vértice a outro, passando pelas arestas. Comprimento é a quantidade de arestas que percorreria do vértice inicial ao final. Caso não exista um caminho entre todos os nós, cada grupo de vértices formado se trata de um componente. Um vértice que liga dois componentes é chamado de ponte. Se todo grafo estiver ligado, então o grafo é inteiramente conectado.

Ademais, o grau de um nó é definido como o número de arestas conectadas a ele: k_i (grau k do vértice i). Um *hub* se trata de um vértice com elevado grau em relação aos demais. O grau médio de uma rede denota seu nível de conectividade, quanto maior o grau, maior o

número de arestas. O grau médio c , de uma rede simples, não direcionada, de n nós, sé dado por:

$$c = E(k_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (10)$$

O que determina ao conceito de densidade (ρ), de uma rede (NEWMAN, 2010, pag.134):

$$\rho = \frac{c}{n-1} \approx \frac{c}{n} \quad (11)$$

Sendo que $c \in \mathbb{N}^+ \mid c \geq 1$.

Levando em consideração que $n = 1$ se trata de um caso especial de um grafo denominado trivial, que não vem ao caso uma vez que a maioria das redes estudadas possuem elevados números de nós, o intervalo de densidade ocorrerá entre $0 \leq \rho \leq 1$. Assim, ρ se aproxima de zero quando n tende ao infinito, denotando uma rede esparsa. Na outra mão, ρ se aproxima de 1 quando $n-1$ tende ser igual a c , denotando uma rede densa.

Outro aspecto relevante ao grau, é sua distribuição. De acordo com Barabási (2012), a probabilidade p_k de um nó aleatório i possuir exatamente grau k é o produto de três fatores:

- (i) p^k , a probabilidade de um nó na rede possuir k links;
- (ii) a probabilidade dos demais nós da rede possuírem grau diferente de k , $(1 - p)^{(N-1)-k}$ e
- (iv) o número de vezes que podemos selecionar nós de grau k dada $N-1$ possibilidades $\binom{N-1}{k}$.

Com essa informação, o autor construiu a seguinte distribuição de grau, que segue uma Binomial:

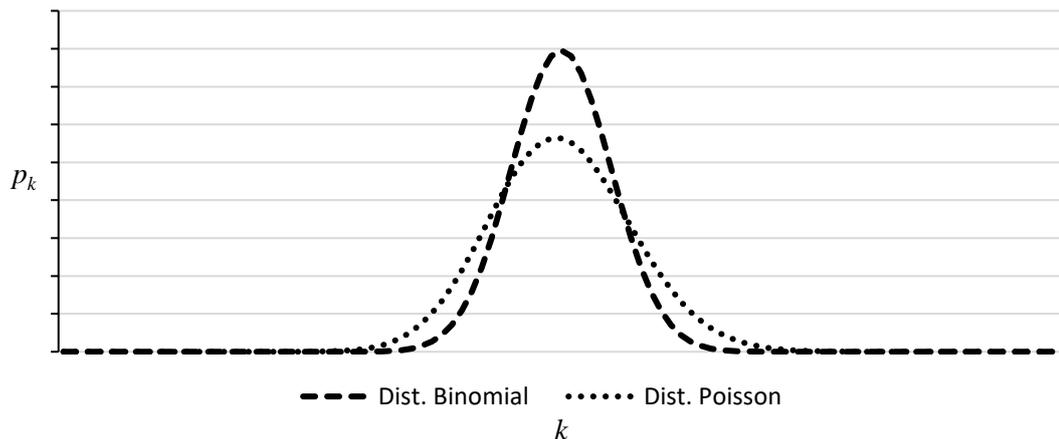
$$p_k = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{(N-1)-k} \quad (12)$$

Uma distribuição Binomial pode ser aproximada por uma Poisson com a mesma média, quando $n > 30$, afim de se facilitar cálculos algébricos, (DA SILVA et al. 1997, p.43):

$$p_k \approx \frac{e^{-\lambda} (\lambda)^k}{k!} \quad (13)$$

Sendo $\lambda = n.p$. A Figura 2 – Distribuição de Grau, mostra a proximidade das distribuições. Geralmente na Ciência de Redes a aproximação pela distribuição de Poisson é comumente utilizada como distribuição de grau para uma rede aleatória.

Figura 2 - Distribuição do Grau



Fonte: elaborado pelo autor

Ainda se tratando de grau, os nós podem ser separados em agrupamentos, ou *clusters* de acordo com sua similaridade. Newman (2010) observou que os *clusters* não ocorrem de maneira aleatória, mas seguindo um nível de assertividade. O mesmo mostrou que os vértices semelhantes possuem mais ligações entre si e formam agrupamentos. Esse é o conceito de hemofilia.

2.2.1.1 Medidas de Centralidade

Descrever a topologia de uma rede inclui observar e analisar seus diversos níveis de centralidade. É uma busca pelos nós que possuem maior número de interações, os mais importantes de acordo com os atributos selecionados. Segundo De Nooy, Mrvar e Batagelj (2011) a centralidade se refere a nós e centralização à rede. Essa diferenciação foi sugerida por Freeman (1978) e, segundo o mesmo, a centralização provém da soma das diferenças entre cada nó e aquele mais central, tudo dividido pela diferença máxima possível na rede:

$$C_D(p_k^*) = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(p_k^*) - C_D(p_i)]}{\max \sum_{i=1}^n [C_D(p_k^*) - C_D(p_i)]} \quad (14)$$

$C_D(p_k^*)$: centralização

$C_D(p_k^*)$: maior centralidade dos n nós da rede.

$C'_D(p_i)$: centralidade do nó i .

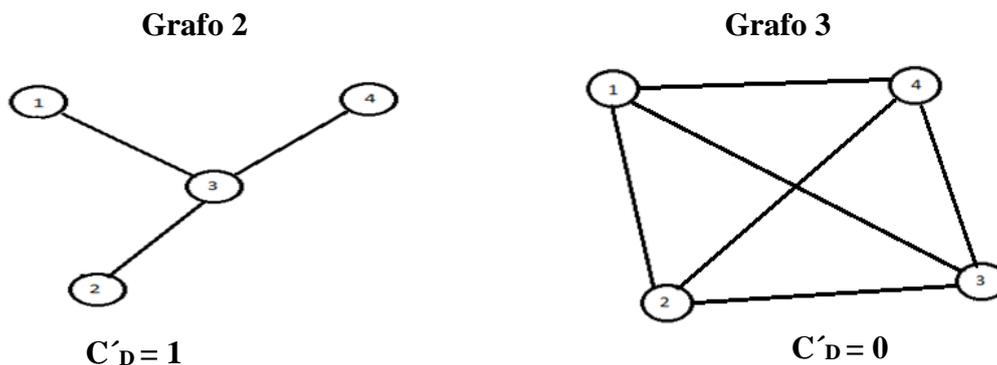
$\max \sum_{i=1}^n [C_D(p_k^*) - C'_D(p_i)]$ é a variação máxima da centralidade na rede, condizente com formato de estrela.

Dessa forma, as medidas de centralização das redes podem ser calculadas a partir de suas medidas de centralidade. As principais medidas de centralidade são:

1. Centralidade de Grau: a medida básica é o próprio grau dos diversos nós presente na rede. Os mesmos se responsabilizam por tornar a rede mais ou menos densa.

Para Centralização de Grau os valores variam de zero, para uma rede totalmente conectada, a 1 onde apenas um vértice possui grau diferente de um, denotando o formato de estrela:

Figura 3 - Grafos 2 e 3



Fonte: elaborado pelo autor

2. Centralidade de Vetor Próprio (de Autovalor ou de Autovetor): leva em conta não apenas a quantidade de ligações, mas também a qualidade, ou seja, a ocorrência de ligações com vizinhos de elevado grau:

$$x_i = k_1^{-1} \sum_j a_{ij} x_j \quad (15)$$

k_1 é a maior raiz característica da matriz de adjacência e x_i a Centralidade de Vetor Próprio.

Logo, essa centralidade é proporcional àquela aferida pelos seus vizinhos. Portanto, essa

medida é maior se o nó possuísse elevado grau, se sua vizinhança o possuísse, ou os dois.

3. Centralidade de Proximidade: de acordo com De Nooy, Mrvar e Batagelj (2011) essa se trata do número nós menos um, dividido pela soma de todas distâncias entre o nó aos demais. Quanto maior a distância menor é essa medida. No Grafo 1 o vértice 3 possui a maior Centralidade de Proximidade pois está a apenas um passo de distância de todos ou outros. Para sua aferição, utiliza-se do conceito de distância geodésica, que é a menor distância possível entre dois nós, medida em quantidade de arestas:

$$l_i = \frac{n-1}{\sum_j d_{ij}} \quad (16)$$

d_{ij} : distância geodésica, e l_i : Centralidade de Proximidade

Em relação à sua medida de centralização, o Grafo 2 possui valor um e o Grafo 3, valor zero.

Uma característica inerente à proximidade é o *Small-World Effect* : o fenômeno da maioria das redes possuírem uma distância pequena entre os nós.

4. Centralidade de Intermediação: mede o número de vezes que um nó está no caminho mais curto entre dois outros nós da rede. Se no caminho mais curto entre o vértices s e t existir um nó i intermediando o caminho teríamos $n_{st}^i = 1$ e 0 caso contrário. Assim a Centralidade de Intermediação é dada por:

$$x_i = \sum_{st} n_{st}^i \quad (17)$$

Para sua medida de centralização, novamente o Grafo 2 possui valor um e o Grafo 3, valor zero.

2.2.1.2 Árvores

De acordo com Wilson (1996), árvore é um grafo planar¹⁵ que possui as seguintes propriedades:

- (a) não constitui ciclos e possui $n - 1$ arestas, sendo n o número total de nós;
- (b) todos vértices estão conectados;

¹⁵ Grafo cujas arestas não se cruzam.

(c) cada aresta é uma ponte, ou seja, a destruição de qualquer uma delas resultar em um componente a mais, de pelo menos um vértice;

(d) não constitui ciclos como dito, mas a adição de uma aresta ligando dois vértices quaisquer, resulta em um ciclo.

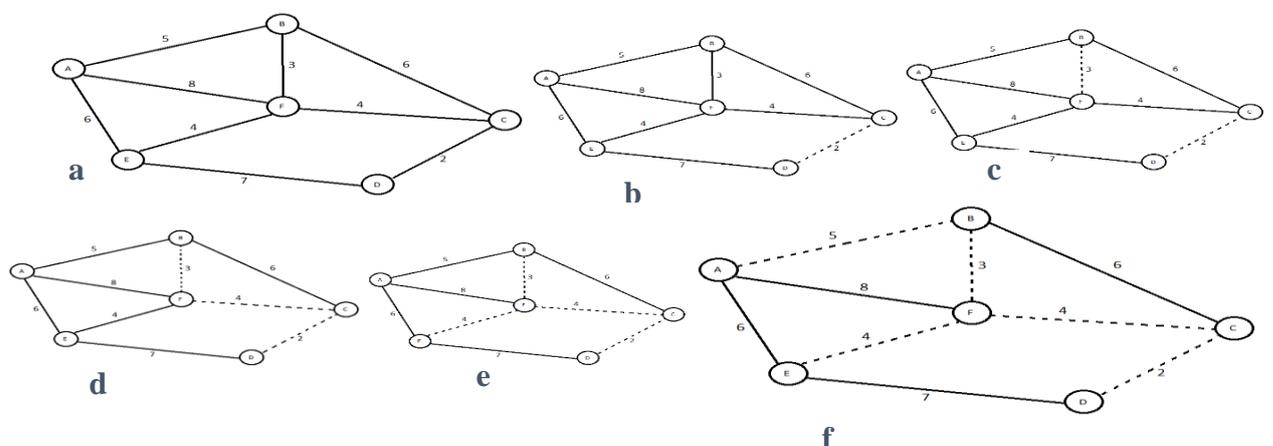
Uma árvore geradora é cada estrutura possível conectando-se todos nós da rede. Levando em consideração a existência de pesos para cada ligação, uma Árvore Geradora Mínima é aquela cujos pesos são os menores possíveis dentre todas as possibilidades.

2.2.2. Árvore Geradoras Mínimas – *Minimum Spanning Trees*

A solução para o problema de construção de Árvore Geradoras Mínimas se deu na década de 50, com Kruskal (1956) e Prim (1957). Ambos resolveram a questão construindo algoritmos que podiam ser aplicados manual ou computacionalmente, para determinação do tamanho mínimo de árvores. Porém, somente na década de 90 que os avanços na área computacional, possibilitaram a emergência da maioria dos estudos aplicados ao Mercado Financeiro.

Segundo Kruskal (1956), o seu método busca a mínima distância entre os nós de grafos totalmente conectados e com pesos, construindo uma Árvore Geradora Mínima, MST. Se o grafo possui mais de um componente, este resulta uma MST para cada componente e, no fim, uma floresta geradora mínima. Seu método consiste em escolher os menores valores dos pesos de um grafo em sequência desde que não forme círculos, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Sequência do Algoritmo de Kruskal

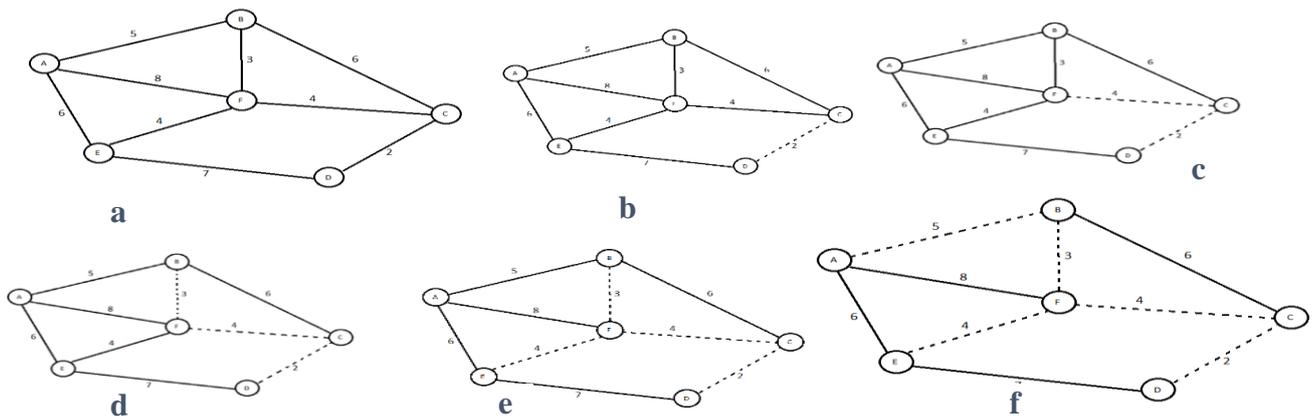


Caminho da aplicação do algoritmo de Kruskal para obtenção da MST do grafo a. Cada aresta tracejada foi eleita pelo algoritmo a cada passo, até se obter a MST no grafo f.

Fonte: elaborado pelo autor

Já o algoritmo de Prim (1957) busca a mínima distância entre os nós de um grafo totalmente conectado, não direcionado e com pesos. Seu método consiste em escolher os menores valores dos pesos em sequência desde que não forme círculos e um dos nós seja parte da Árvore Geradora Mínima que está se formando, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Sequência do Algoritmo de Prim



Caminho da aplicação do algoritmo de Prim para obtenção da MST do grafo a. Cada aresta tracejada foi eleita pelo algoritmo a cada passo, até se obter a MST no grafo f.

Fonte: elaborado pelo autor

2.2.2.1 Aplicações em Finanças

O trabalho de Mantegna (1999) descreveu como seria factível a aplicabilidade das MST's para estudos de correlação de retornos de ações nas diversas bolsas de valores e marcou início da aplicação dessa metodologia. Vale destacar que King (1966) foi o primeiro a utilizar uma técnica que separaria grupos homogêneos e criaria grupos hierárquicos de empresas de acordo com a correlação dos retornos de seus ativos, conforme observado por Marti et al (2017). Desde então surgiram diversas pesquisas das quais se destacam as que seguem.

Para a bolsa americana, Onnela et al. (2003a) construíram uma MST temporalmente dinâmica da NYSE e analisaram os quatro primeiros momentos da distribuição da correlação: média, variância, assimetria e curtose. Alegaram que os ativos mais descentralizados eram justamente os de mínima variância, na fronteira da maximização da utilidade, de encontro com a teoria da otimização das carteiras de Markowitz. Onnela et al. (2003b) edificaram uma MST com dados de 1982 a 2000, utilizando o índice *S&P 500*. Abrangeram a Sexta-feira Negra e explicitaram as diferenças da topologia dessa árvore para momentos de crise e momentos cotidianos. Brida e Risso (2008) consideraram uma MST multidimensional, levando-se em

conta volume transacionado e retornos dos ativos e concluíram que o resultado era muito semelhante ao obtido com apenas os dados de retorno. Drodzdz, Kwapiwen e Speh (2010) compararam a complexidade do Mercado Financeiro a de um núcleo de um átomo e justificaram a utilização da teoria dos Sistemas Complexos para estudo do mesmo indicando a heterogeneidade, evolução, ausência de controle central e difícil previsão como principais justificativas. Além disso, corroboraram os resultados da primeira MST, de Mantegna (1999). Zhang et al. (2011) criaram MST's setoriais para os EUA no período de 2002 a 2009 com dados de meia em meia hora dos ativos *Dow Jones*. O objetivo foi analisar a recuperação da economia americana da crise de 2008. Os autores associaram as formas setoriais das MST da seguinte maneira: (i) a forma de estrela, ligada a baixa volatilidade e crescimento econômico e (ii) forma de corrente¹⁶, ligada a alta volatilidade e à crise. Os mesmos concluíram que a forma de estrela da MST de 2009 indicava que os EUA haviam se recuperado da crise de 2008.

Para Europa, Coelho et al. (2006) construiriam Árvores Geradoras Mínimas para a Bolsa de Londres, *London Stock Exchange FTSE100 index* (FTSE) de 1996 a 2005. Trataram de agrupamentos setoriais e da análise das anomalias por essa perspectiva. Concluíram que os *clusters* para essa bolsa reagiam de forma diferente aos choques externos e que as anomalias continuavam sendo observadas por meio de uma MST. Garas e Agyrakis (2007) fizeram a MST da Grécia, *Athens Stock Exchange* (ASE), do período de 1987 a 2004. Analisaram seu aspecto intertemporal e ponderaram que cada um dos agrupamentos setoriais possuía comportamento distinto durante as crises e também no tempo. Borguesi et al. (2007) analisaram a MST das Bolsas de Londres, Paris, Milão e Nova Iorque. Relataram que o comportamento *intraday* era diferente do comportamento diário dos retornos dos ativos. Galaska (2010) construiu uma rede para Polônia por dois métodos: MST e *Weighted Random Graph* – WRG, cujos resultados - poucos ativos prevaleciam correlacionando com muitos outros - foram semelhantes nos dois. Por fim, Brida, Matesanz e Seijas (2016) criaram MST para o índice *Euro Stoxx 50* - composto por 50 ações da zona do Euro que representariam as “maiores” *Blue Companies*. Analisaram o período de 2002 a 2014, em especial a crise de 2008. Concluíram que, em momentos de crise, a rede se tornaria mais centralizada. Entretanto, ressaltaram que agrupamentos regionais (nesse caso para cada país) e setoriais não se desfizeram no período de crise. Isso indicou que ligações fortes eram duradouras e observáveis no tempo.

Para região da Ásia-Pacífico, Sensoy e Tabak (2014) construíram uma MST intertemporal e dinâmica correlacionando as principais bolsas da região: Japão (NIKKEI225),

¹⁶ Rede cuja definição do agente mais central é pouco definida ou indefinida.

Índia (SENSEX), Hong Kong (HSI), China (Shanghai Composite), Taiwan (TWSE), Tailândia (SET), Malásia (FTSE Bursa), Indonésia (Jakarta *Composite*), Filipinas (PSEi), Austrália (S&P/ASX 200), Coréia do Sul (KOSPI 200) e Cingapura (Straits Times). Os mesmos concluíram: (i) a árvore encolheu com o tempo; (ii) Hong Kong foi o principal mercado da região; (iii) a estabilidade da MST aumentou nos últimos anos; e (iv) removendo-se algum dos mercados mais correlacionados da rede, a estabilidade de todo sistema era comprometida. Ademais, GOO et al. (2009) parafrasearam a MST com átomos e estrutura moleculares, de acordo com seus agrupamentos. Analisaram a NYSE, *London Stock Exchange* (LSE), *Tokyo Stock Exchange* (TSE), *Hong Kong Stock Exchange* (HKSE) e o *Singapore Stock Exchange* (SGX). Finalizaram alegando que existiam “moléculas” com “átomos” de outros mercados, ou seja, que existia uma correlação direta entre os ativos de diferentes bolsas ao redor do mundo.

Para a África, Majapa e Gossel (2016) construíram uma Árvore Geradora Mínima para a bolsa da África do Sul. Utilizaram ativos de 100 companhias do *JSE All Share Index* (ALSI) para o ano de 2008, tendo em vista a análise de seu comportamento e evolução durante a crise. Descobriram que os ativos que dominavam a correlação do mercado naquele momento, com maior número de nós, eram do setor financeiro e de recursos naturais, para aquele país.

Para o Brasil, Tabak, Serra e Cajueiro (2010) construíram uma MST dinâmica para 47 ativos da BM&FBOVESPA, de 2000 a 2008 e analisaram *clusters* setoriais. Os mesmos concluíram que a agregação setorial era homogênea e não se desfez no período analisado. Sandoval Junior (2010) também realizou construção de uma MST para os ativos negociados na BM&FBOVESPA, porém de 2007 a 2010. A mesma revelou o mapa dos ativos, sendo os com maiores ligações: BBDC4 (Banco Bradesco SA), VALE3 e VALE5 (Vale do Rio Doce SA) e BRAP4 (BradesPar SA). Assim, evidenciou-se a dominância do setor financeiro.

2.2.2.2 Legado Teórico

Marti et al. (2017) resumiram o legado de duas décadas de pesquisas de aplicações de Árvore Geradora Mínima em finanças em uma revisão bibliográfica. Inicialmente trataram das DST- *Dynamical Minimum Spanning Trees*. Essa se trata da análise temporalmente dinâmica da MST, monitorando-se as estatísticas de rede, como os níveis de centralizações e os momentos das correlações. Eles constataram que as pesquisas com essa metodologia eram unânimes nas seguintes descobertas:

- (i) as MST's encolhem significativamente em períodos de crise;

(ii) o portfólio ótimo de Markowitz é composto com as ações mais exteriores da árvore;
(iii) o comprimento normalizado está correlacionado ao potencial de diversificação de investimento. Os investidores preferem árvores maiores que possibilitassem essa maior variedade.

Em relação aos agrupamentos, *clusters*, existe uma espécie de ecologia de *clusters*: eles aparecem e sobrevivem por um período determinado de tempo após o qual evoluem para uma estrutura ainda não identificada e depois morrem ou desaparecem.

Além disso, também consolidaram as pesquisas que trataram de risco sistêmico¹⁷. Essas mostraram que a diminuição de barreiras regulatórias possibilitou aos bancos diversificarem seus investimentos e diminuir seu risco, porém, isso também fez com que o risco do sistema como um todo aumentasse devido à elevação da interdependência entre os mercados. Outra descoberta consolidada nesse campo foi a de que existem regimes diferenciados de correlação, especialmente após a crise de 2008, que sugerem uma integração maior dos ativos de investimento.

Por fim, os autores enumeram o que chamaram de *fatos estilizados*, ou seja, as principais descobertas consolidadas por ampla pesquisa de redes complexas no mercado financeiros. Os mais significativos são:

- Os nós localizados nos seus respectivos *clusters* possuem uma conexão mais forte entre si do que para fora.
- Setores de Energia e Financeiro são exemplos de setores com fortes conexões enquanto de Consumo Cíclico, Bens de Capital e Transporte de fracas.
- *General Eletric* GE é o centro da rede de ações americana de acordo com várias medidas de centralidade aplicadas.
- Os setores de Energia, Tecnologia e Materiais Básicos está fortemente conectado entre si, mas não aos demais.
- O setor Financeiro é fortemente conectado a ele mesmo a outros.
- As ações para se compor a carteira de Markowitz está sempre nas folhas mais exteriores da árvore geradora mínima.
- O maior autovalor da matriz de correlação que traduz a maioria das correlações é elevado durante períodos de crise.
- A MST encolhe em períodos crise.

¹⁷ Risco que trata do colapso de todo sistema financeiro.

- A MST providencia uma taxonomia muito compatível com a classificação setorial das principais agências internacionais.

- A MST obtida por meio da simulação do modelo de um fator, o retorno do mercado explicando o retorno das ações, não foi observada empiricamente, invalidando o modelo CAPM tradicional demonstrado na equação (1).

- As ações se estruturam hierarquicamente progressivamente ao longo do tempo.
- As correlações entre os mercados globais possuem duas dinâmicas distintas: uma lenta que seria a semente inicial do choque e a outra rápida responsável por afetar os demais mercados globais num prazo menor que três meses.

- Removendo-se os elementos mais centrais, os agrupamentos ficam mais evidentes.
- A MST setorial apresenta formato de estrela para períodos com baixa volatilidade e formato de corrente para períodos de alta volatilidade.

- Nos mercados emergentes não existe uma identidade setorial.

Os principais pontos ainda controversos são:

- Os choques de volatilidade sempre se iniciariam nas bordas e se propagariam até o centro ou o contrário.

- Quanto maior o nível de correlação do peso de uma ligação maior seria a confiança nessa medida, entretanto empiricamente não foi comprovado.

- No período de crise a estabilidade dos agrupamentos diminuiria ou aumentaria.

2.2.3 Análise de Agrupamentos

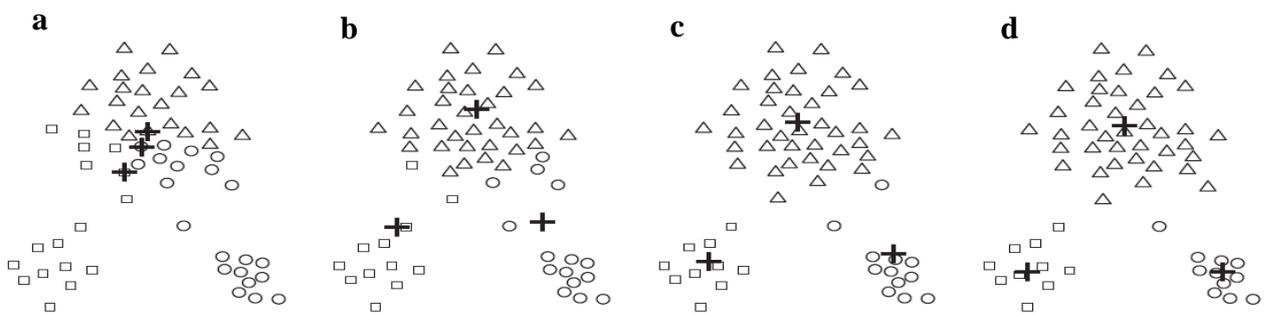
A análise de agrupamentos, *cluster analysis*, é uma técnica utilizada para agrupar objetos de acordo com as semelhanças de alguma das informações que possuem, segundo Tan (2006). A ideia é seguir similaridades (qualidades diretamente proporcionais) e/ou dissimilaridades (qualidades inversamente proporcionais) entre os elementos. Para tanto, os elementos formam grupos com certo grau de homogeneidade entre si e uma heterogeneidade entre os grupos. A medida de dissimilaridade mais comumente utilizada é a distância entre os nós e, a de similaridade, a correlação: quanto maior a distância entre os vértices menor sua semelhança e quanto maior sua correlação, maior sua semelhança. Linden (2009) mostrou as duas principais heurísticas para criação de agrupamentos: método K (*K Means*) e agrupamentos hierárquicos.

2.2.3.1 Método K

Esse método baseia-se na minimização da distância a um centro hipotético de cada grupo. Esse método não leva em consideração existência de sub-agrupamentos. Para aplicação do mesmo é necessário pressupor a quantidade de grupos existentes a priori e definir os centros hipotéticos aleatoriamente. A partir deles recalcula-se a menor distância $d(p, X)$ de cada ponto p_i possível aos k centros (ou centroides), dados por $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ de forma iterativa, dada existência de n elementos, conforme a equação a seguir e o algoritmo apresentado na Figura 6 :

$$d(p_i, X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d(p_i, X))^2 \quad (18)$$

Figura 6 – Sequência do Método K



a: escolha dos centróides: +; b e c: primeira e segunda iteração; d: resultado final que minimiza a função objeto, a equação (18).

Fonte: Extraído de Tan (2006)

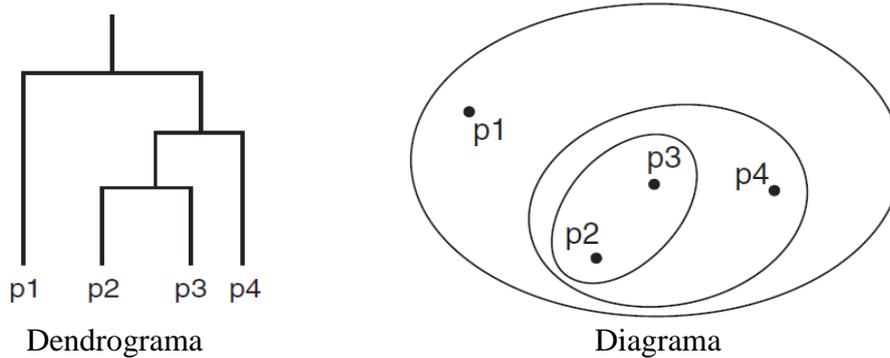
2.2.3.2 Agrupamentos Hierárquicos

Os agrupamentos hierárquicos, *hierarchical clustering*, criam grupos e subgrupos que se relacionam em forma de árvores. Existem duas versões: (i) aglomerativa, que parte na união dos elementos individuais formando-se os grupos e esses se agrupando até formar um único conjunto e (ii) divisiva: dividindo o conjunto maior em várias partes até restar somente elementos individuais.

A ideia básica da primeira versão é agrupar os elementos em pares de acordo com sua semelhança, a qual é mensurada por uma medida de distância métrica. Assim, inicialmente os elementos com maior similaridade são agrupados. Em seguida recalcula-se a distância desse grupo aos demais e agrupa-se o elemento com a maior similaridade ao grupo. Assim,

adicionam-se novos elementos sucessivamente até formar um só conjunto. Essa versão pode ser representada por meio de um dendrograma (Figura 7). O eixo que mede a altura de cada ligação representa seu nível de semelhança e quanto menor ela for, mais tarde foi seu agrupamento.

Figura 7 – Dendrograma



Fonte: Extraído de Tan(2006)

Para Raffinot (2016) existem quatro formas tradicionais de clusterização pela versão aglomerativa mais comuns na modelagem de redes de correlação no mercado financeiro. Cada uma delas pode resultar em agrupamentos distintos:

1. Ligação Simples (MIN ou *Single Linkage*): por esse método considera-se a distância do novo elemento ao mais próximo dele no grupo. A distância entre os *clusters* C_i e C_j ($d_{C_i C_j}$):

$$d_{C_i C_j} = \min_{x,y} \{D(x,y) | x \in C_i, y \in C_j\} \quad (19)$$

2. Ligação Completa (MAX ou *Complete Linkage*): considera-se a maior distância entre cada grupo, levando em conta a distância entre cada um de seus membros:

$$d_{C_i C_j} = \max_{x,y} \{D(x,y) | x \in C_i, y \in C_j\} \quad (20)$$

3. Ligação Média (*Average Linkage*): calcula-se uma média das distâncias dos elementos dos grupos. Sendo o tamanho dos grupos C_i e C_j denotados m_j e m_i (TAN, 2006):

$$d_{C_i C_j} = \frac{\sum_{\substack{x \in C_i \\ y \in C_j}} \{D(x,y) | x \in C_i, y \in C_j\}}{m_j m_i} \quad (21)$$

4. Método de *Wards*: a distância é calculada de acordo com o aumento da variância quando se emerge um novo grupo. Sendo C_i e C_j os centroides de cada grupo:

$$d_{C_i C_j} = \frac{m_j m_i}{m_j + m_i} \|c_i - c_j\|^2 \quad (22)$$

Já a versão divisiva é o oposto: divide-se um conjunto inicial em vários grupos até que restem somente elementos individuais. O método K, mesmo não sendo hierárquico, seria um exemplo de método divisivo. Essa modalidade é mais complexa e de difícil aplicação mas, segundo Linden (2009), possui as seguintes vantagens:

(i) Não é necessário calcular todas distâncias entre os elementos do conjunto e pode-se determinar um limite para aplicação das divisões.

(ii) Partindo do todo para o indivíduo os grupos tendem ser mais realistas.

O mesmo também apresentou a técnica de otimização de custo de corte para divisão dos *clusters*. Essa baseia-se na razão entre a similaridade dentro do grupo e a similaridade fora do grupo.

3. METODOLOGIA

3.1 DADOS E TRATAMENTO

A luz do método de Onnela et al. (2003a), foram construídas MST`s mensais de outubro de 2013 a setembro de 2016, de forma a explicitar a evolução dos quatro primeiros momentos da distância de correlação - média, variância, assimetria e curtose – e do comprimento da rede. Essa etapa foi definida como Análise Dinâmica. Foram elaboradas, também, duas MST´s distintas para o período pré reeleição e pós reeleição tendo em vista análise de suas estatísticas de rede¹⁸ e estruturas hierárquicas. Essa etapa foi definida como Análise Hierárquica. A primeira construção visa responder a indagação de que forma o risco sistêmico modificou-se em termos topológicos após reeleição de Dilma Rousseff e a segunda revelar de que forma os agentes e grupos mais importantes se modificaram o que possibilita a identificação dos portfólios ótimos de mínima variância e mínimo risco sistêmico.. A hipótese para a primeira questão é que a rede encolheu já que a correlação aumentou e o risco no mercado acionário também. Para a segunda questão é que o setor financeiro se consolidou como mais central em detrimento aos demais e redução do número de agrupamentos como consequência do aumento do risco. A abordagem da análise do risco por meio de redes possui aval do FMI – Fundo Monetário Internacional (MINOIU e SHARMA, 2014) e a classifica como peça chave para estudo do risco sistêmico. De fato, as abordagens anteriores não conseguiram prever nem prevenir as crises que vem ocorrendo em períodos cada vez mais curtos. Essa abordagem já possui duas décadas de resultados (MARTI et al. 2017) e um legado teórico que já possibilita a análise do risco sob a ótica da interação de agentes heterogêneos e da emergência.

A construção das MST´s foi baseada nos dados dos retornos das ações negociadas na BM&FBOVESPA no período de 2013 a 2016. Os critérios de elegibilidade das ações foram influenciados pela metodologia do NEFIN (2016b) e foram:

- (i) Foi eleito o ativo mais líquido da empresa.
- (ii) Tenha sido negociado em pelo menos 80% dos dias de funcionamento da bolsa entre outubro de 2013 e setembro de 2016.

Foram considerados aos valores de fechamento diários. Preferiu-se ações do tipo PN – Preferenciais Nominais a ON – Ordinárias Nominais, como critério de desempate. O retorno

¹⁸ Assume-se como estatísticas de rede nesse momento: Centralização de Grau, Proximidade, Autovetor e Intermediação e o seu comprimento.

R_{t+1} foi calculado de acordo com (COCHRANE, 2001, p.10), sendo os mesmos dessazonalizados dos pagamentos de dividendos desde 1996, apresentando uma margem de segurança de 10 anos:

$$R_{t+1} = \frac{p_{t+1}}{p_t} - 1 \quad (23)$$

Em termos logarítmicos neperianos têm-se:

$$\ln R_{t+1} = \ln P_{t+1} - \ln P_t \quad (24)$$

A partir desses dados, foi criada a matriz de correlação para as ações selecionadas. As medidas passaram por um teste de significância estatística sob hipótese nula H_0 da correlação ser igual a zero. Foi utilizada a medida de correlação de Pearson ρ , no período Δt de um dia, entre os ativos i e j . A influência da variação do retorno foi identificada por meio dos valores de ρ_{ij} , entre 1 e -1 os quais expressam uma medida de associação linear entre cada par de retornos das ações. A correlação $\rho_{ij}(\Delta t)$, é determinada como:

$$\rho_{ij}(\Delta t) = \frac{E(r_i r_j) - E(r_i)E(r_j)}{\sqrt{(E(r_i^2) - E(r_i)^2)(E(r_j^2) - E(r_j)^2)}} \quad (25)$$

Para os meses em que não ocorreram variação dos retornos das ações (não foram negociadas ou ainda não haviam sido ofertadas ao público), o denominador da equação (25) apresentou valor zero e não foi possível calcular o valor de sua correlação. Essas ações foram excluídas da construção da rede nesse período.

Outra questão, é que a medida de correlação não se trata de uma medida métrica, que possa ser utilizada como medida de distância entre os nós ou de peso para as arestas possibilitando construção de estruturas hierárquicas e agrupamentos. Gower (1966) descreveu uma metodologia, utilizando-se da distância euclidiana, para solucionar esse problema. Seu resultado apresentou a seguinte medida:

$$d_{ij}(\Delta t) = \sqrt{2[1 - \rho_{ij}(\Delta t)]} \quad (26)$$

$d_{ij}(\Delta t)$ = distância euclidiana entre i e j no período t

Essa formulação preenchia os três axiomas métricos:

- (i) $d_{ij}(\Delta t) = 0$ se, e somente se, $i = j$;
- (ii) $d_{ij}(\Delta t) = d_{ji}(\Delta t)$;

$$(iii) d_{ij}(\Delta t) \leq d_{ik}(\Delta t) + d_{kj}(\Delta t).$$

Bonnano, Lilo e Mantegna (2001) e Bonnnano et al (2003) chamaram $d_{ji}(\Delta t)$ de distância de correlação. Essa metodologia possibilitou a utilização dessa distância euclidiana $d_{ij}(\Delta t)$ como peso das ligações as quais expressariam a correlação linear entre cada elemento a_{ij} da matriz de correlação de forma que quanto menor fosse seu valor, mais positiva é a correlação.

A partir da matriz de distância de correlação entre todos elementos selecionados, foi estruturada uma rede totalmente conectada, descentralizada e não direcionada. Assim cada ação passou a ser cada nó da rede. A medida de distância de correlação, o valor de cada ligação. Por fim, aplicou-se o algoritmo de Prim (Figura 5) e obteve-se a MST equivalente.

Dessa forma, foi criado um espaço ultra métrico, ou seja, um conjunto no qual a distância entre qualquer elemento pode ser definida. A partir da MST contida dentro desse espaço ultra métrico, foi possível a criação de uma estrutura hierárquica, contendo agrupamentos. Assim, os dendrogramas foram construídos por base na matriz de distância de correlação e utilizada como medida de dissimilaridade a própria distância de correlação d_{ij} .

3.2 ANÁLISE DE DADOS

Para efetuar a Análise Dinâmica extraiu-se de cada uma das 48 redes mensais de outubro de 2013 a novembro de 2016 os quatro primeiros momentos γ_1 , γ_2 , γ_3 e γ_4 da distância de correlação das mesmas. Os fatos estilizados de Marti et al. (2017) e o trabalho de Onnela et al. (2003a) deixaram clara quais eram as relações de cada um desses itens com o risco sistêmico.

a. Média, γ_1 : quanto menor a média da distância de correlação, maior a correlação. Em tempos de crise a correlação aumenta, ou seja, quanto menor a distância de correlação maior o risco.

$$\gamma_1 = \bar{d}_{ij} = \frac{\sum d_{ij}}{n-1} \quad (27)$$

b. Variância, γ_2 : quanto maior a variância maior o desvio padrão da distância de correlação e maior o risco. Isso também implica em uma distribuição mais platicúrtica:

$$\gamma_2 = \frac{\sum (d_{ij} - \bar{d}_{ij})^2}{n-1} \quad (28)$$

c. Assimetria, γ_3 : uma distribuição é simétrica ($\gamma_3 = 0$) quando a sua média, moda e mediana são iguais. Mais maior for o valor da assimetria, maior será o risco:

$$\gamma_3 = \frac{\sum(d_{ij} - \bar{d}_{ij})^3 / \gamma_2^{\frac{3}{2}}}{n-1} \quad (29)$$

d. Curtose, γ_4 : utilizado o excesso de curtose, assim os termos leptocúrtica ($\gamma_4 > 0$) mesocúrtica ($\gamma_4 = 0$) e platicúrtica ($\gamma_4 < 0$) se referem a medida de curtose acima do valor da distribuição normal, no mesmo valor e abaixo do valor respectivamente. Quanto mais platicúrtica a distribuição, quanto menor seu valor, maior a variância e maior o risco da distribuição de distância de correlação:

$$\gamma_4 = \frac{\sum(d_{ij} - \bar{d}_{ij})^4 / \gamma_2^2}{n-1} - 3 \quad (30)$$

Para o comprimento da rede L, quanto menor o seu valor maior o nível de correlação e maior o risco nesses períodos:

$$L = \sum d_{ij} \quad (31)$$

Análise Hierárquica consistiu na comparação das redes bianuais e suas respectivas medidas de centralização e centralidade: grau, proximidade, intermediação e vetor próprio, por meio das quais foi possível identificar os vértices mais centrais. Nessa etapa também foram analisados os dendrogramas hierárquicos. A construção dos mesmos seguiu o método aglomerativo por meio de Ligações Completas (RAFFINOT, 2016). Dessa forma, foi verificado se o número de grupos que se formavam dado um nível de correlação se alterou entre os dois períodos, afim de verificar se quantidade de grupos possíveis foi a mesma para os dois períodos. Nessa etapa também foram analisados o número de *clusters* disponíveis inspecionando-se a rede em busca dos grupos que se formaram com base em seu aspecto topológico. Esses são os *clusters* disponíveis para a diversificação do investimento de forma a se mitigar o risco sistêmico. O número ótimo de agrupamentos para comparação entre os períodos foi testada pelos métodos demonstrados por Kassambra (2017) para análise hierárquicas: *Silhouette* e *Gap*.

a. Método *Silhouette*: apresentado por Kaufman e Rouseeuw (1990) o método consiste

na escolha do número de agrupamentos baseando-se na distância euclidiana média entre os elementos de um grupo aos elementos dos grupos vizinhos. A estatística *Silhouette* do vértice i é dada por:

$$S_i = \frac{(b_i - a_i)}{\max(a_i, b_i)} \quad (32)$$

Sendo que:

a_i = dissimilaridade média entre o nó i aos demais no mesmo grupo.

$b_i = \min_c d(i, C)$

$d(i, C)$ = dissimilaridade média entre i a todos outros grupos C dos quais não faz parte.

Assim, os elementos que apresentarem valores próximos a 1 estariam bem agrupados. Valores próximos de zero indicariam elementos entre os grupos. Valores negativos àqueles provavelmente nos grupos errados.

b. Método Gap: apresentado por Tibshirani, Walther e Hastie (2001). A ideia do método é comparar, por meio de simulações, os resultados obtidos pela soma ponderada das dissimilaridades internas de cada grupo a grupos aleatórios que representariam a hipótese nula (número de agrupamentos ser zero):

$$Gap(k) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \log(W_{kb}^*) - \log(W_k) \quad (33)$$

W_k = variação intra *cluster* da medida de dissimilaridade

O valor ótimo de K é obtido quando a estatística *Gap* estiver dentro de um desvio padrão de $k+1$: $Gap(k) \geq Gap(k+1) - S_{k+1}$ com um número de simulações sugerido $B=500$ (KASSAMBRA, 2017, pag. 131).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela do Anexo I, apresenta as 199 ações selecionadas, de acordo com os critérios elencados na metodologia e seus respectivos setores e subsetores.

No processo de construção das MST's, as medidas de correlação passaram pelo teste de significância estatística. A um nível de confiança de 95% foi rejeitada a hipótese nula H_0 para correlação ser zero, para quase¹⁹ a totalidade das ligações para as árvores geradoras mínimas mensais no período. Para as MST's do período pré e pós reeleição todos resultados foram significantes a 95% de confiança.

4.1 ANÁLISE DINÂMICA

Esta etapa constituiu-se da análise dos quatro primeiros momentos da distância de correlação no tempo e do comprimento das redes, calculados de acordo com as equações (27), (28), (29), (30) e (31), Anexo II. A ideia é analisar o aspecto evolutivo da MST. Foram construídas 48 Árvores Geradoras Mínimas, uma para cada mês, de outubro de 2012 a setembro de 2016.

4.1.1 Média

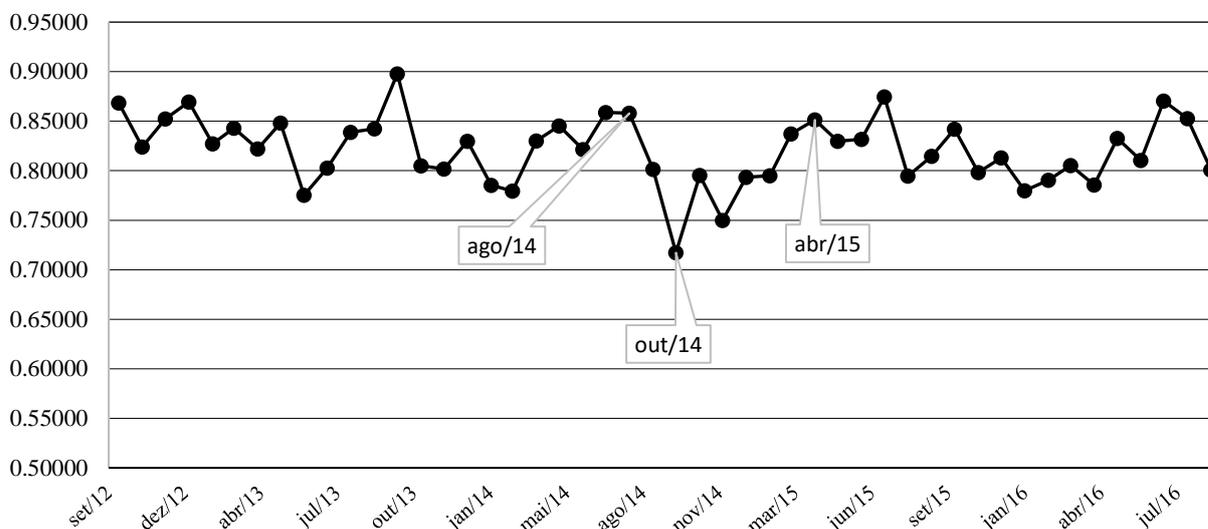
De acordo com a formulação (27) foi calculada a distância de correlação média para cada árvore mensal. Lembrando que quanto menor a média da distância de correlação, maior a correlação. Em tempos de crise a correlação aumenta, ou seja, quanto menor a distância de correlação média maior é o risco sistêmico. Vale notar que a média da distância de correlação é equivalente ao comprimento normalizado da rede.

Foi observado um período de acentuada redução da distância de correlação média da MST, entre agosto de 2014 até abril de 2015, em relação aos outros períodos. Em outubro de 2014, o mês dos resultados eleitorais, a média apresentou o seu menor valor de toda série, Gráfico 2. Assim, esse intervalo se traduz como um período de aumento significativo do risco, em termos do comprimento normalizado e/ou média. O valor caiu de 0,8580 em agosto, para 0,7173 em outubro, uma redução de 16,4%, a maior variação da série de dados. O valor somente

¹⁹ Dados referentes ao teste podem ser solicitados ao autor pelo email gersonnassor@gmail.com, já que são 9552 linhas.

voltou a superar 0,85 em abril de 2015, com 0,8514.

Gráfico 2 - Distância de Correlação - Média

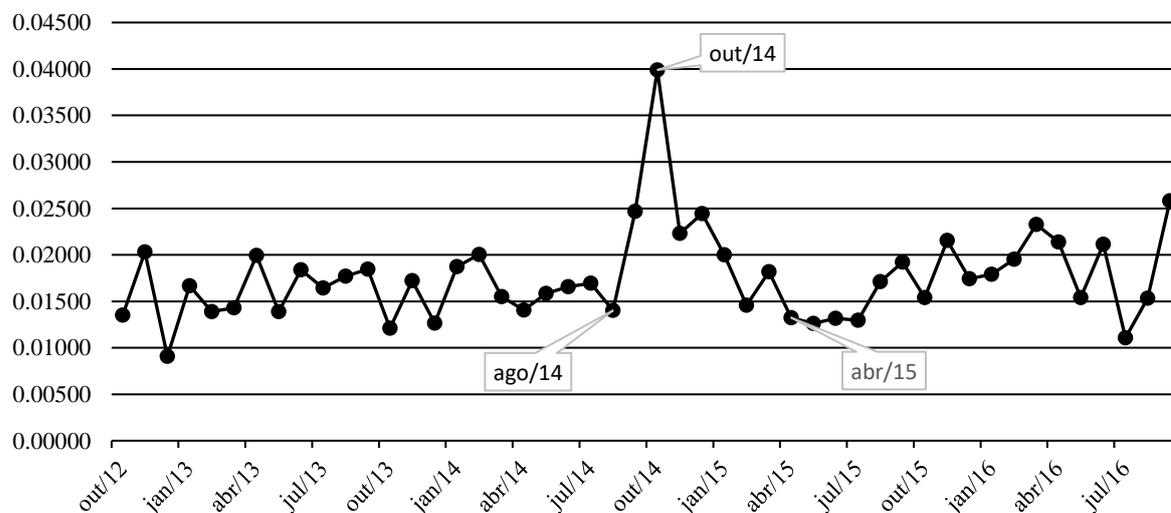


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Variância

Utilizando a formulação (30) foram obtidas as medidas da variância da distância de correlação para as janelas mensais. Quanto maior a variância maior será o risco, de acordo com nosso referencial teórico. Os dados resultados obtidos mostraram que a partir de agosto de 2014 seu valor aumentou consideravelmente: de 0,0141 para 0,0399 em outubro de 2014, uma

Gráfico 3 - Distância de Correlação - Variância



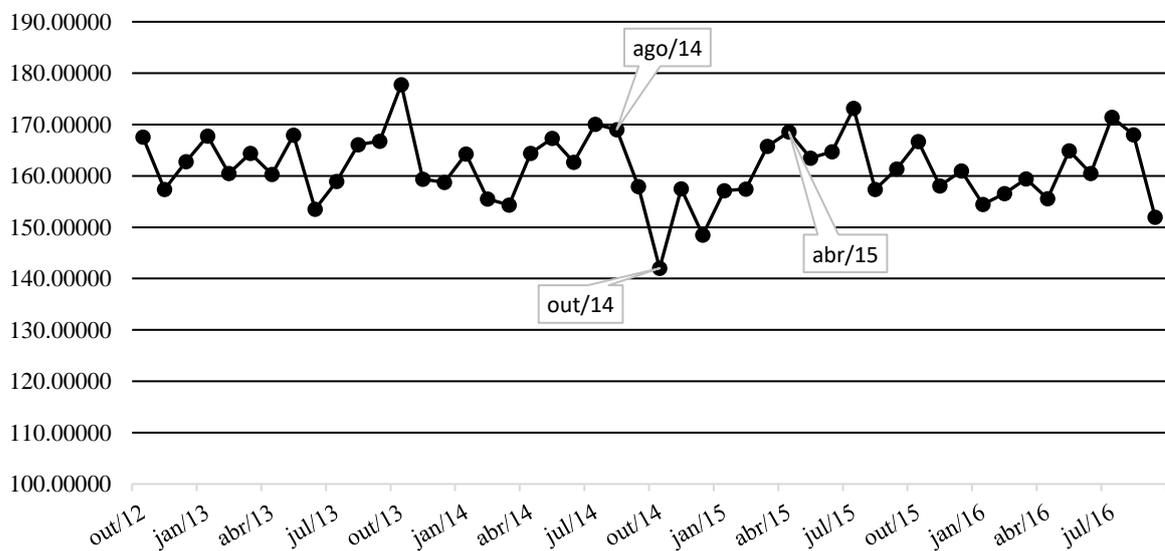
Fonte: Elaborado pelo autor.

elevação de 64,67% (Gráfico 3) indicando também um aumento do risco sistêmico em termos de variância. Os níveis voltaram a oscilar a níveis semelhantes aos períodos anteriores a agosto de 2014, somente a partir de abril de 2015.

4.1.3 Comprimento de Rede

O comprimento de rede L , equação (33), está na forma bruta, já que sua forma normalizada sé a média da distância de correlação, já analisada no tópico 4.1.1. Quanto maior a soma dos valores de todas arestas (L) menor o nível de correlação entre todos elementos dessa rede e menor o risco. Assim, também a partir de agosto de 2014 o comprimento de rede apresentou decréscimo, com menor valor em outubro do mesmo ano, de 169,0224 para 142,0187 (-27,2038). Ou seja, o risco aumentou, no que diz respeito a níveis de correlação, e atingiu seu ápice no mês dos resultados eleitorais (out/14). A partir de então, o risco diminuiu até atingir níveis próximos ao agosto de 2014, em abril de 2015, com valor de 168,5764 – como pode ser observado pelo comportamento de L (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Comprimento de Rede



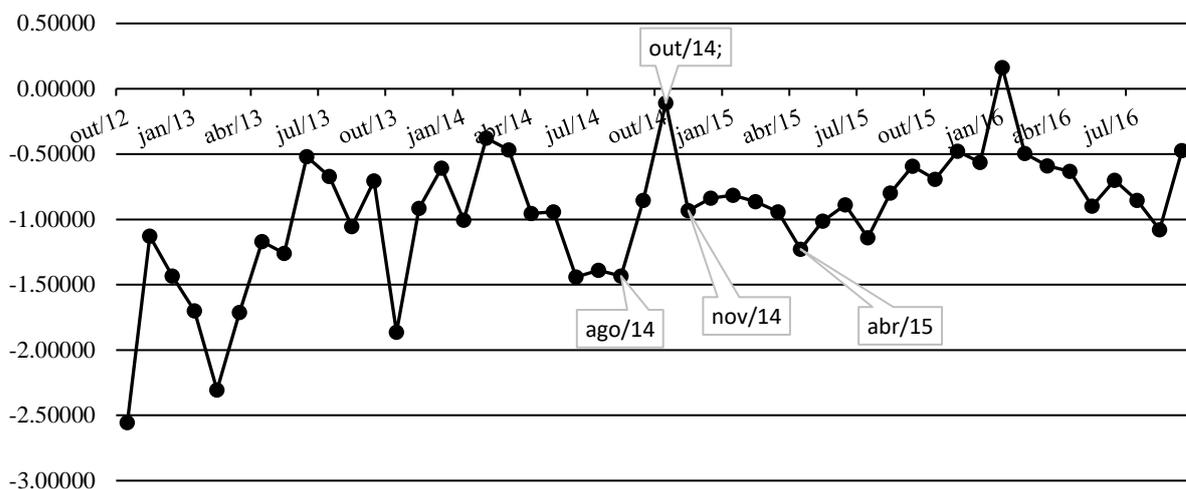
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Assimetria

Com base nas informações obtidas nos itens anteriores, em especial ao período de aumento do risco sistêmico, consideramos a assimetria.

Assimetria igual a zero significa uma distribuição com lados simétricos, seguindo uma distribuição normal. Valores negativos indicam a existência de uma cauda mais pesada à esquerda e que os valores da distância de correlação se concentram na região de menor correlação e menor risco.

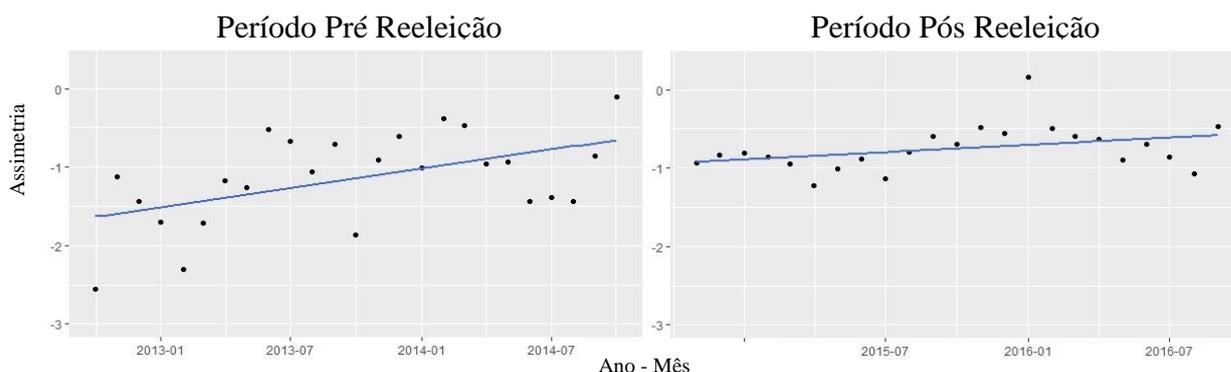
Gráfico 5 - Distância de Correlação - Assimetria



Fonte: Elaborado pelo autor.

A assimetria da distância de correlação (Gráfico 5) apresentou tendências distintas para o período pré reeleições e o período pós reeleições. Para o primeiro, que foi de outubro de 2012 a outubro de 2014, seu valor se iniciou com -2,5573 e terminou com -0,1101. Sua tendência se mostrou mais inclinada, positivamente, o que significa aumento do risco numa velocidade maior. O choque sofrido no intervalo dos meses de agosto de 2014 a abril de 2015 tornaram sua tendência mais plana, apresentando uma variação menor em relação ao tempo, conforme verificado na Figura 11, por meio de uma regressão linear simples de Mínimos Quadrados Ordinários - MQO. Essa tendência já pode ser notada a partir de outubro de 2014, período pós reeleições.

Figura 11 – Tendência da Assimetria



Fonte: Elaborado pelo autor.

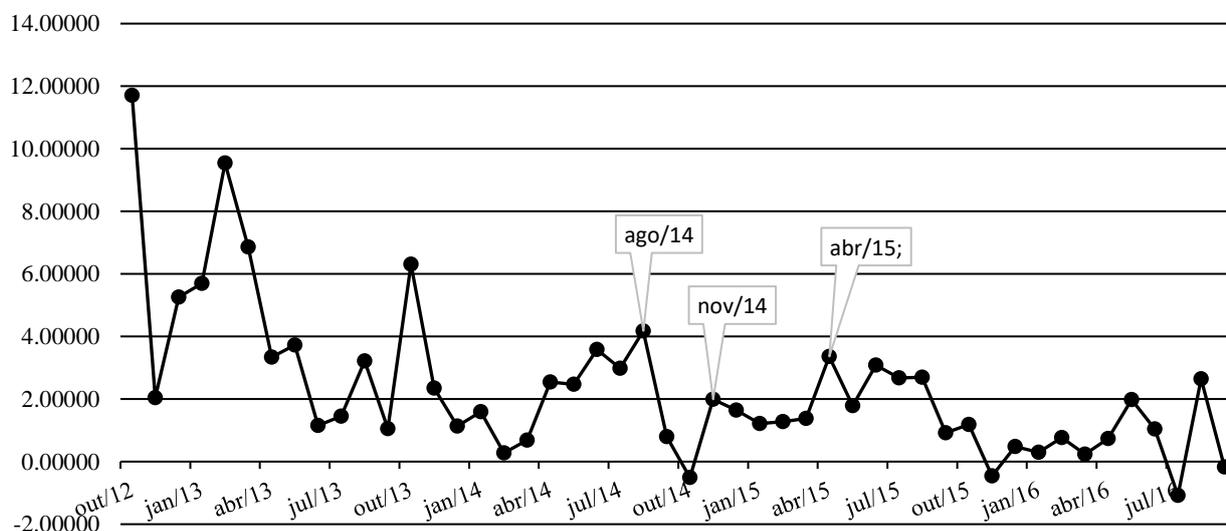
Outro ponto relevante é que seus valores no período pré reeleição estão mais dispersos que no período posterior. Essa dispersão reflete incerteza, já que em períodos curtos observa-se valores altos e baixos da assimetria que podem ser interpretados como diminuições e aumentos no risco: essa oscilação aumentando e diminuindo a percepção de risco constantemente nos indica que os agentes não estão certos do que ocorrerá no futuro. Ora esperam um futuro mais seguro e o risco diminui, ora que esperam um futuro mais inseguro o risco aumenta, sendo assim, os agentes não sabem o que esperar ao certo do futuro a longo prazo.

Por fim, os valores da assimetria sugeriram que a expectativa dos agentes no período pré reeleição, a respeito da possibilidade de uma crise num futuro próximo, era maior do que as expectativas dos agentes no período pós reeleição. Essa expectativa foi detectada pela maior inclinação na tendência da assimetria e maior dispersão dos valores, indicando um aumento mais rápido nos níveis de correlação e assim do risco, no tempo.

4.1.5 Curtose

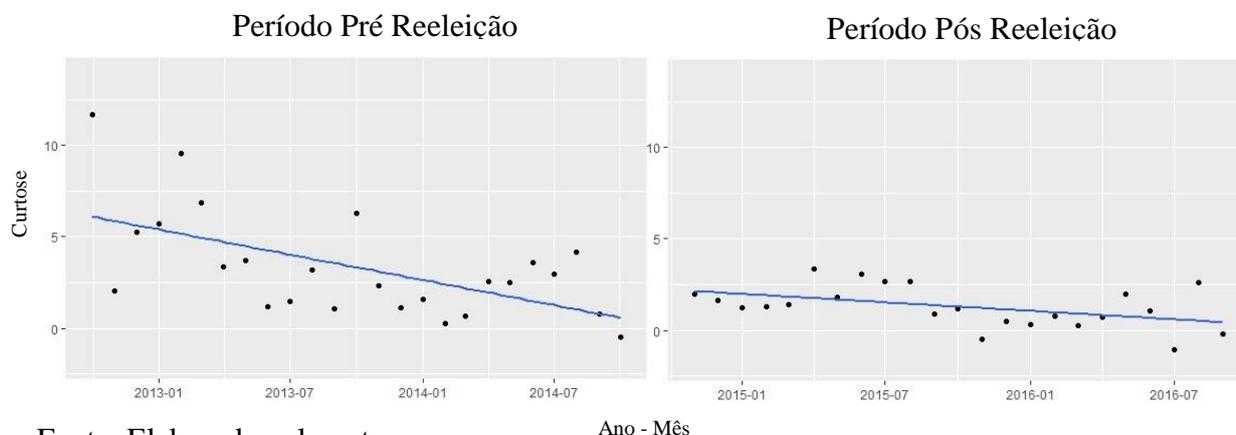
A curtose, γ_4 na equação (30) e Gráfico 6, apresenta o excesso de curtose. Para uma distribuição normal $\gamma_4 = 0$, mesocúrtica. Se $\gamma_4 > 0$, leptocúrtica e se $\gamma_4 < 0$, platicúrtica. A curtose apresentou tendência descendente mais inclinada de outubro de 2012 até outubro de 2014 variando de 11,70732 até -0,51243, conforme verificou-se com uma regressão linear simples por MQO (Figura 12). A partir de então, sua tendência se alterou se tornou mais plana.

Gráfico 6 - Distância de Correlação - Curtose



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Tendência da Curtose



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto maior a curtose menor é a variância e menor o risco. Em termos de rede de correlação quando a curtose apresenta valores elevados, conjuntamente com assimetria negativa, significa que há um número elevado de ligações com distância de correlação elevada, baixa correlação e portanto menor influência das ações uma sobre as outras. O período pré reeleição apresentou uma maior variação da tendência da curtose em relação ao tempo. Essa maior variação indica incerteza quanto ao futuro. Momentos de euforia se intercalam com momentos de pânico. Em curtos períodos de tempo os valores da curtose mais que duplicaram e mais que dividiram por dois. A tendência mais inclinada em direção a um patamar com maior risco indica uma expectativa de crise num futuro mais próximo. Após os choques da reeleição esse comportamento se altera. A tendência da curtose se torna mais plana, desse modo não há expectativa de uma crise num futuro tão próximo quanto anteriormente. Os valores não oscilam tanto quanto no período pré reeleição o que indica que os agentes estão mais certos sobre como será o futuro a um longo prazo.

4.2 ANÁLISE HIERÁRQUICA

A Análise Hierárquica constitui-se em comparar duas MST's distintas: uma para o período pré reeleição, entre outubro de 2012 e os resultados eleitorais em 24 de outubro de 2014 e a outra para o período pós reeleição, entre 27 de outubro de 2014 e setembro de 2016. Foram analisadas suas centralizações e as centralidades de seus vértices conforme descrito pelas equações (16), (17), (18) e (19). Por fim, foram construídos os portfólios ótimos de mínima variância e mínimo risco sistêmico seguindo, respectivamente, as menores medidas de centralidade de proximidade dos vértices e a máxima quantidade agrupamentos disponíveis.

4.2.1 Período Pré Reeleições

Seguindo a metodologia apresentada no Capítulo 3 (item 3.1) foi construída a MST para o período pré reeleições (Figura 8). A Tabela 1 do Anexo III apresenta os valores das ligações e os nós que elas conectam. A Tabela 2 do Anexo III traz os valores das medidas de centralidade de todos os vértices desse mesmo período. O *layout* da MST levou em consideração as estatísticas de rede, de forma que os nós com as maiores centralidades de proximidade e intermediação permanecessem no centro, já que são os mais importantes em termos de fluxo e mais próximos de todos os demais.

Dois vértices se destacaram: as ações BBDC4 – Banco Bradesco e EVEN3 – Even Construtora. A Figura 9- item a, demonstra essa dualidade na rede: os vértices em vermelho são os que compõe o grande grupo ao redor do setor financeiro centrados em BBDC4 – Banco Bradesco e ITSA4 - Banco Itaú. Os vértices em azul, o outro grande grupo com forte influência do subsetor da construção civil e centrado ao redor de EVEN3 – Construtora EVEN. O item b apresenta esses dois *clusters* separadamente. Enquanto a ação EVEN3 apresentou o maior grau, tanto em quantidade de ligações (centralidade de grau) quanto qualidade do grau da sua vizinhança (centralidade de autovalor), BBDC4 se mostrou mais central nos quesitos de centralidade de proximidade e de intermediação - Tabela 3. Essa predominância, revela a importância de ambos setores para estruturação dessa rede nesse período.

Tabela 3 – Medidas de Centralidade dos Vértices Pré Reeleições

| Pos. | Medidas de Centralidade | | | | | | | |
|------|-------------------------|----|-------------|--------|---------------|---------|-----------|--------|
| | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
| 1 | EVEN3 | 15 | BBDC4 | 0,2215 | BBDC4 | 0,69050 | EVEN3 | 0,7088 |
| 2 | BBDC4 | 13 | ITUB4 | 0,2207 | ITSA4 | 0,58100 | RSID3 | 0,2061 |
| 3 | ITSA4 | 9 | ITSA4 | 0,2176 | ITUB4 | 0,52160 | CYRE3 | 0,2042 |
| 4 | CYRE3 | 9 | BVMF3 | 0,2052 | CYRE3 | 0,48400 | EZTC3 | 0,1698 |
| 5 | CPFE3 | 9 | BRML3 | 0,1958 | BVMF3 | 0,47970 | TCSA3 | 0,1648 |
| 6 | RSID3 | 8 | CYRE3 | 0,1919 | EVEN3 | 0,43020 | RAPT4 | 0,159 |
| 7 | BRML3 | 7 | PETR4 | 0,1898 | BRML3 | 0,35180 | BPHA3 | 0,1552 |
| 8 | LREN3 | 6 | CPFE3 | 0,1873 | PETR4 | 0,22030 | PTBL3 | 0,1499 |
| 9 | ALSC3 | 6 | ALPA4 | 0,1822 | RSID3 | 0,18140 | BBRK3 | 0,1469 |
| 10 | EZTC3 | 6 | BBTG11 | 0,1822 | MULT3 | 0,17010 | RDNI3 | 0,1463 |
| 11 | BVMF3 | 5 | PINE4 | 0,1822 | CPFE3 | 0,16380 | TGMA3 | 0,1458 |
| 12 | TCSA3 | 5 | ABEV3 | 0,1818 | BRAP4 | 0,15930 | MAGG3 | 0,1451 |
| 13 | CSAN3 | 5 | CSAN3 | 0,1818 | CSNA3 | 0,13330 | ARZZ3 | 0,1445 |
| 14 | GFS3 | 5 | PSSA3 | 0,1817 | GGBR4 | 0,10730 | BPAN4 | 0,1409 |
| 15 | PETR4 | 5 | BRSR6 | 0,1815 | ALSC3 | 0,09830 | HBOR3 | 0,1356 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 – MST Pré Reeleições

- FINANCEIRO E OUTROS**
- Servicos Financeiros Diversos
 - Previdencia e Seguros
 - Exploracao de Imoveis
 - Holdings Diversificadas
 - Intermediarios Financeiros
 - Outros

- BENS INDUSTRIAIS**
- Maquinas e Equipamentos
 - Transporte
 - Servicos Diversos
 - Construcão e Engenharia
 - Material de Transporte
 - Comercio (Bens Industriais)

- UTILIDADE PÚBLICA**
- ▲ Energia Eletrica
 - ▲ Agua e Saneamento
 - ▲ Gas

- CONSUMO CÍCLICO**
- ◆ Tecidos, Vestuario e Calcados
 - ◆ Diversos
 - ◆ Comercio (Consumo Ciclico)
 - ◆ Viagens e Lazer
 - ◆ Midia
 - ◆ Construcão Civil
 - ◆ Utilidades Domesticas
 - ◆ Hotéis e Restaurantes
 - ◆ Automoveis e Motocicletas

- TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO**
- ▲ Programas e Servicos
 - ▲ Computadores e Equipamentos

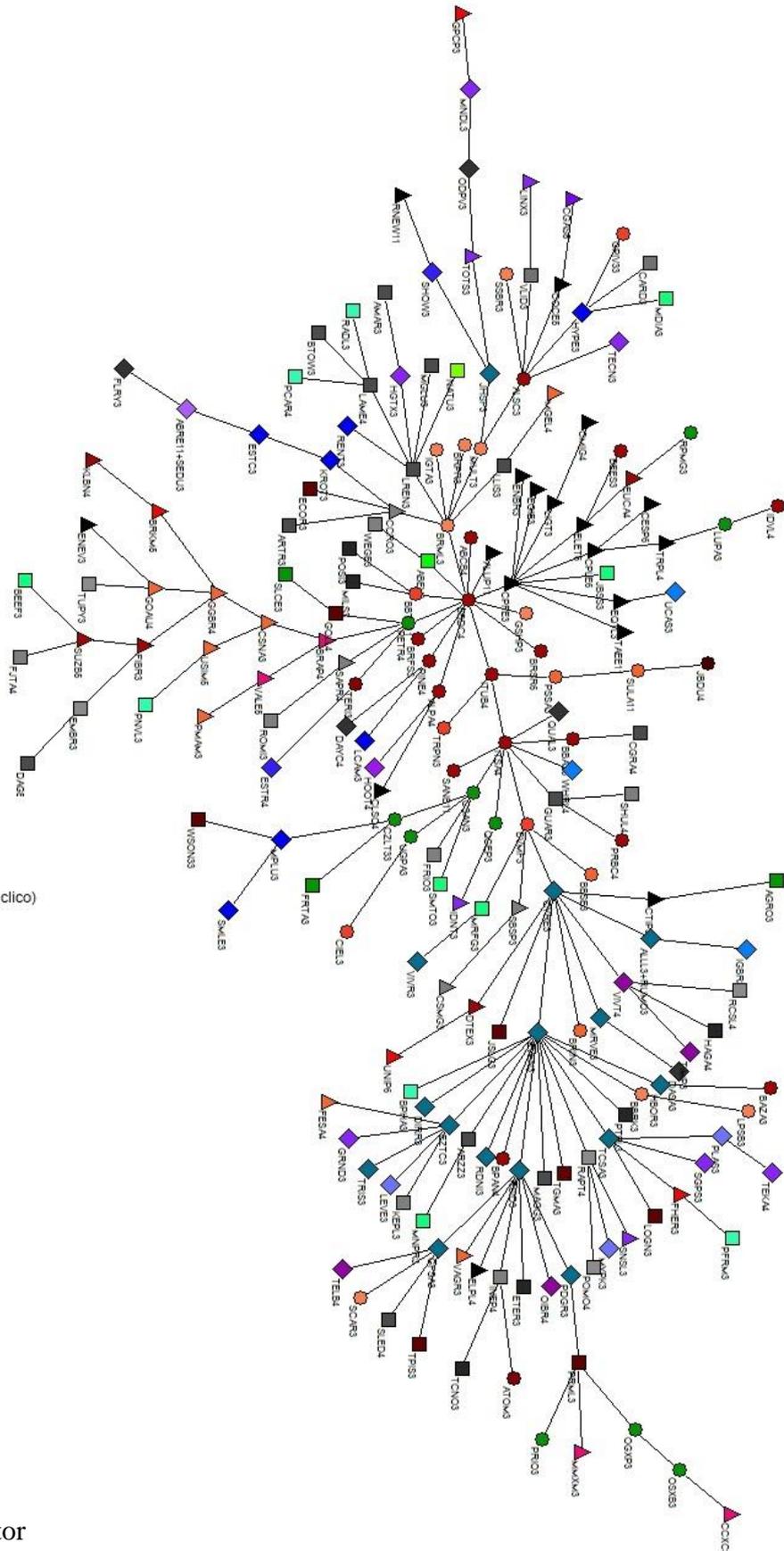
- CONSUMO NÃO CÍCLICO**
- Bebidas
 - Alimentos Processados
 - Produtos de Uso Pessoal e de Limpeza
 - Agropecuaria
 - Diversos
 - Comercio e Distribuicao (Consumo nao Ciclico)

- MATERIAIS BASICOS**
- ▲ Mineracao
 - ▲ Quimicos
 - ▲ Madeira e Papel
 - ▲ Siderurgia e Metalurgia
 - ▲ Embalagens
 - ▲ Materiais Diversos

- PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS**
- Petroleo, Gas e Biocombustiveis

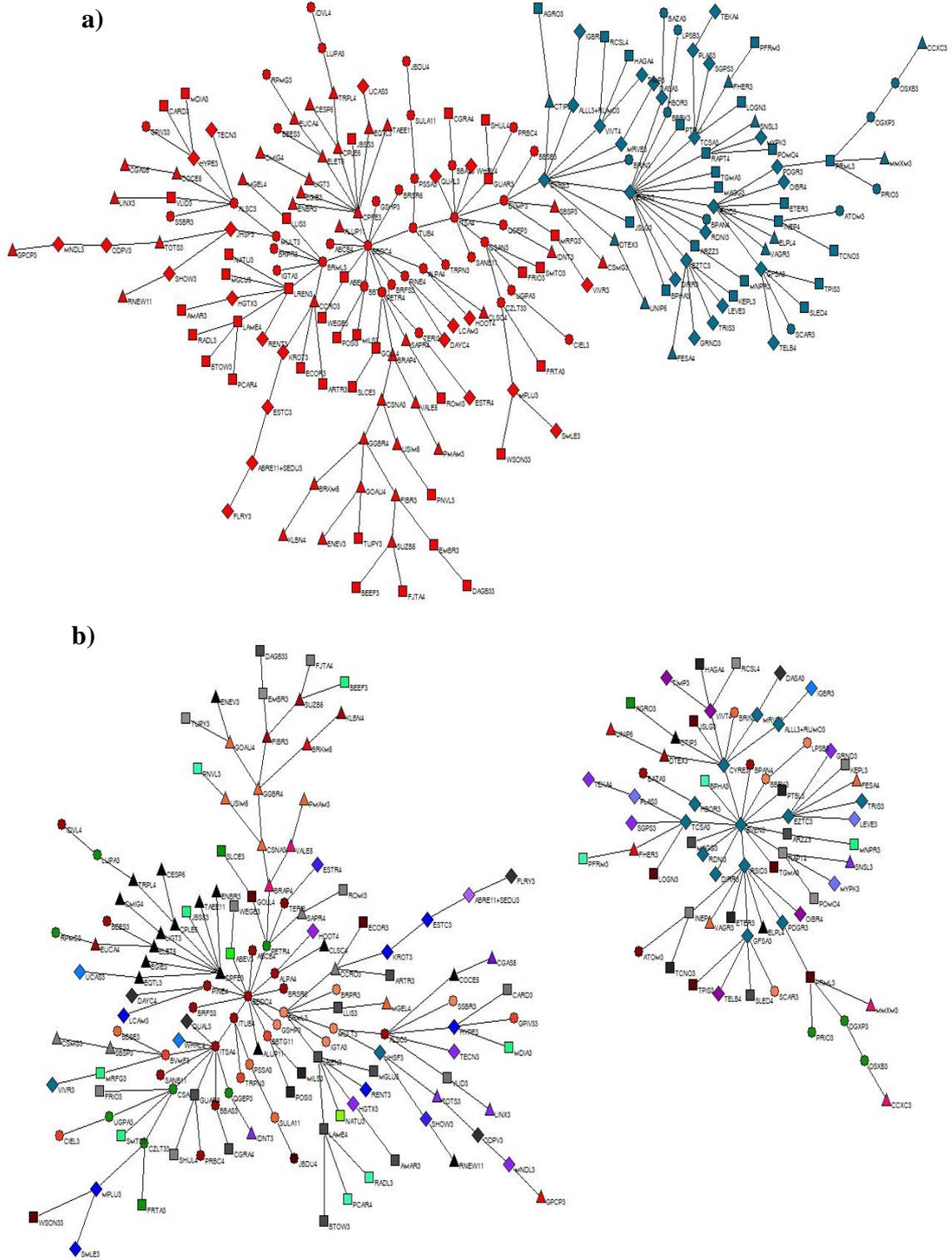
- SAÚDE**
- ◆ Equipamentos
 - ◆ Medicamentos e Outros Produtos
 - ◆ Comercio e Distribuicao (Saude)
 - ◆ Analises e Diagnosticos

- TELECOMUNICAÇÕES**
- ◆ Telecomunicacoes



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 9 – Dualidade da MST Pré Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

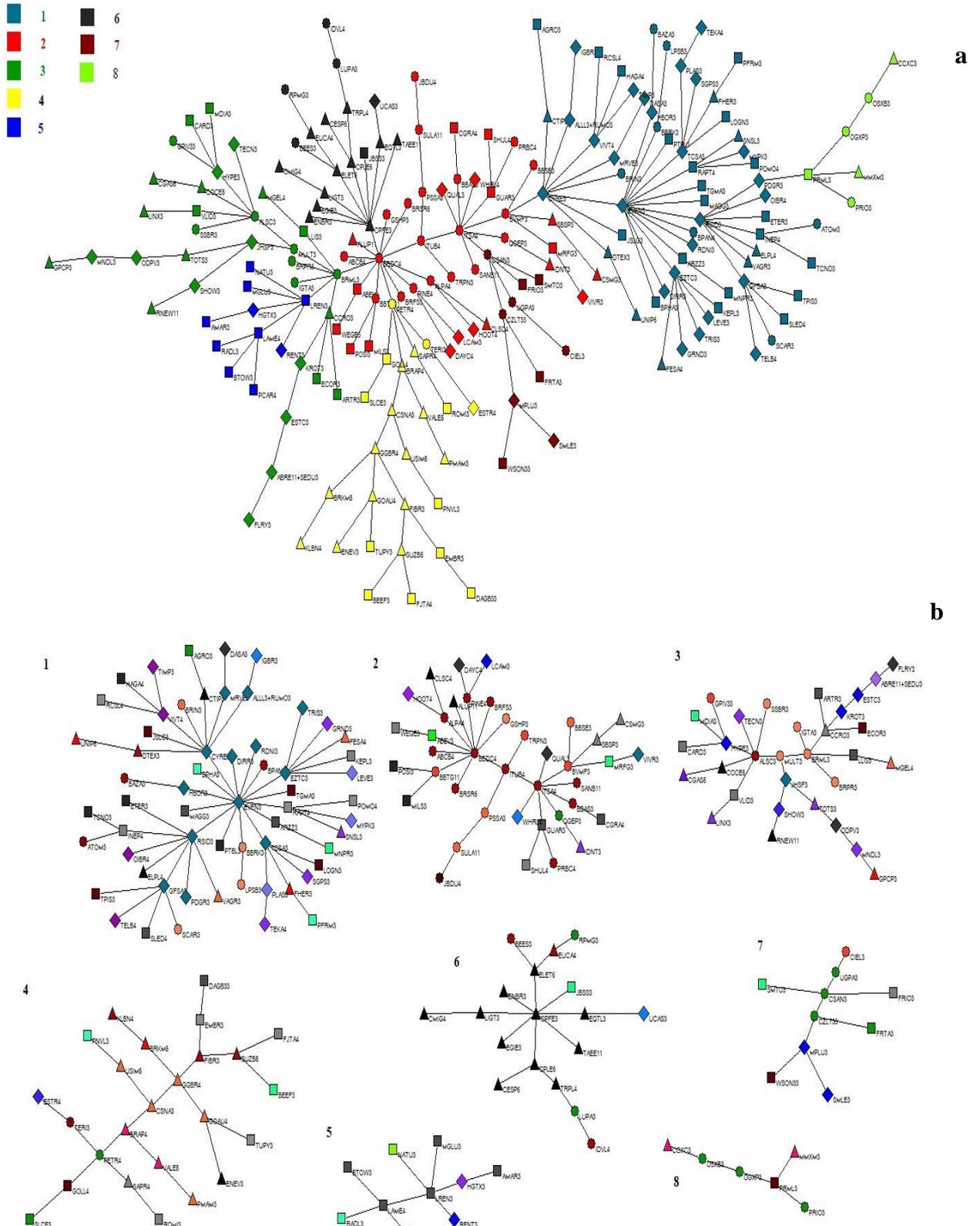
As empresas componentes da construção civil, elencadas na Tabela III do Anexo III, se organizaram (exceção da JHSF3) em um grande *cluster*, setorialmente heterogêneo, ao redor de EVEN3, a mais central do grupo. A distribuição dessas ações nesse grupo foi bem peculiar: dos nove pontos com grau ≥ 3 , seis foram ocupados por ações da construção civil, ou seja, esse setor da economia possui um papel importante de influência, dispersando-se por todo agrupamento, além do agente mais central e importante do mesmo. Isso também pode ser observado pela centralidade de autovalor, que atribui um peso maior ao seu valor quando se possui vizinhos com elevado grau. Das vinte primeiras posições para a centralidade de autovalor, nove eram desse setor incluindo as cinco primeiras.

Já as empresas dos subsetores intermediário e de serviços financeiros seguem na Tabela do Anexo V. A grande maioria se localizou no centro da rede, ao redor de BBDC4 e ITSA4, com exceção da BEES3 – Banestes AS (Banco do Estado do Espírito Santo) que esteve mais ligado ao setor de energia. Os níveis de centralidade desse grupo foram peculiares em termos de importância de fluxo (intermediação) e proximidade a todos demais grupos e nós: dos vinte vértices com maior centralidade de proximidade, dez pertenciam a ele, incluindo os quatro primeiros. Esse grupo, em si, possui sua própria dualidade entre o Banco Itaú e o Bradesco, ambos com elevados valores de centralidade e de importância nesse grupo.

Além disso, esses grandes agrupamentos estiveram circundados por outros 6 grupos bem delineados: (i) em preto na Figura 10, o *cluster* das empresas com predominância do subsetor de energia elétrica, cujo centro é CPFE3 – CPFL – Energia; (ii) em amarelo, o grupo das empresas das indústrias pesadas (metalurgia, siderurgia, papel, madeira) cujo centro é a GGBR4 – Gerdau AS, porém, a PETR4 – Petrobrás desempenha um importante papel de intermediação para fora do grupo; (iii) de verde escuro, o *cluster* com centro na BRML3 – BR Malls com forte influência de empresas ligadas a exploração de *shoppings centers*, entretenimento, educação e concessionárias de rodovias; (iv) em azul vivo o grupo composto primordialmente por lojas de departamento, com centro em LREN3 – Lojas Renner; (v) o agrupamento cujo centro é CSAN3 – COSAN SA²⁰, em marrom, com predominância de empresas do setor de gás e combustíveis e companhias ligadas a administração de pontos e milhas aéreas e (vi) de verde claro, o *cluster* com empresas ligadas à exploração de combustíveis fósseis. Dessa forma constituíram-se oito *clusters* no total, conforme delineado na Figura 10: no item ‘a’, todos setores juntos formando a MST e no item ‘b’ cada grupo separadamente.

²⁰ A Cosan é um grupo com negócios nos segmentos de combustíveis e energia.

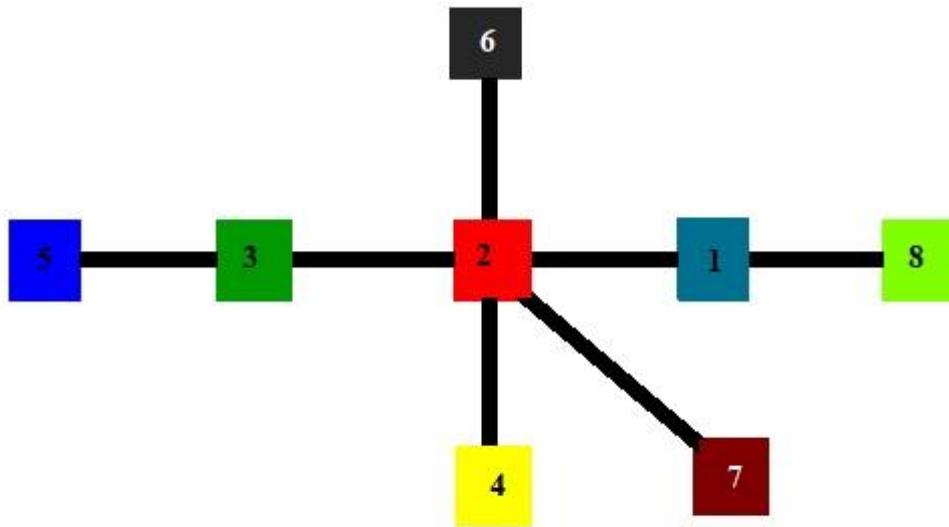
Figura 10 – Grupos da MST Pré Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 11 a mesma rede do período pré reeleição seguindo a modelagem apresentada por Zhang et al., (2010). A mesma demonstra a composição da rede por meio de representação setorial, na qual cada nó representa um setor. Os números representam os setores demonstrados na Figura 10.

Figura 11 – Rede dos Clusters Pré Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

Por fim A Tabela 4, a seguir, consolida todas estatísticas para a rede desse período

Tabela 4 – Estatísticas Consolidadas do Período Pré Reeleições

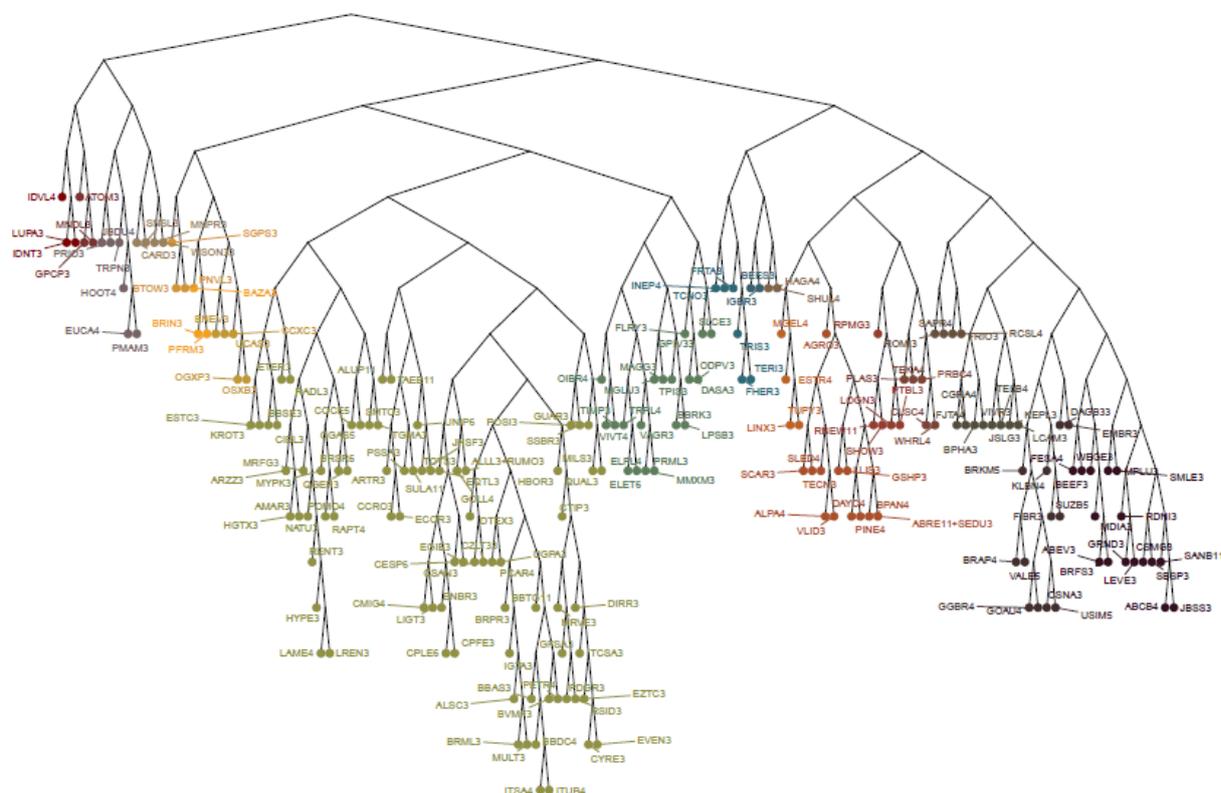
| Medidas de Centralização | | | | Distância de Correlação | | | | Comp. |
|--------------------------|--------|-----------|--------|-------------------------|-----------|---------|------------|----------|
| Grau | Prox. | Autovalor | Inter. | Média | Variância | Curtose | Assimetria | |
| 0,0657 | 0,1581 | 0,9634 | 0,6623 | 1,1296 | 0,0307 | 5,0964 | -1,8244 | 223,6644 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A hierarquia da rede nesse período foi representada pelo dendrograma na Figura 1 do Anexo III. A Figura 12 representa esse mesmo dendrograma de forma suavizada. A um nível fixo de distância de correlação $d_{ij}=\sqrt{2}$ foram constituídos 20 grupos. Quando $d_{ij}=\sqrt{2} \cong 1,4142$, a correlação é $\rho_{ij} = 0$. Assim, presume-se que essa seria a quantidade de agrupamentos necessários para esse nível de risco sistêmico, em termos de correlação. A medida que a correlação se torna mais positiva mais grupos se formariam.

Por meio dos métodos *Silhouette* e Gap foram elaborados os gráficos 7 e 8 respectivamente.

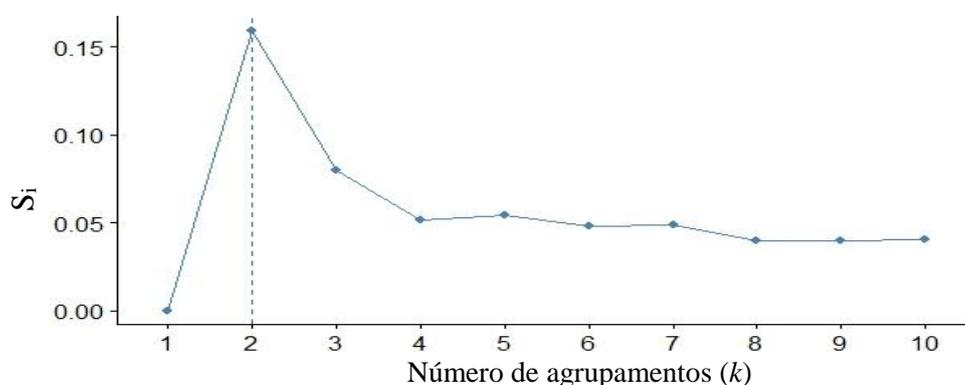
Figura 12 – Demonstração do Dendrograma Pré Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

Os valores da estatística *Silhouette* S_i , equação (34), foram calculados para número de grupos k variando de 1 a 10 - Gráfico 7. O valor máximo de S_i foi considerado o ponto ótimo (KASSAMBARA, 2017, pag. 130) que resultaram em 2 *clusters*.

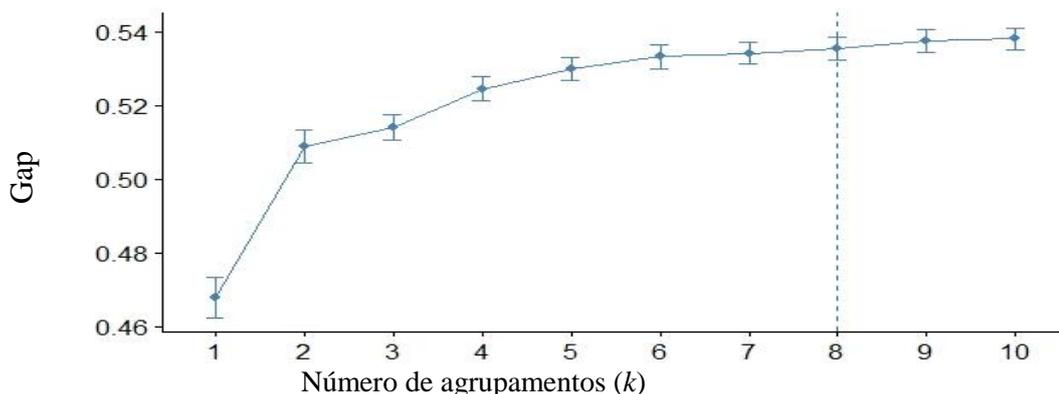
Gráfico 7 – Método Silhouette – Pré Reeleições



Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores da estatística *Gap* (35) foram calculados para número de grupos k entre 1 e 10. O valor ótimo foi dado tal que $Gap(k) \geq Gap(k + 1) - S_{k+1}$ com um número de simulações $B=500$ (KASSAMBARA, 2017, pag. 131) – Gráfico 8– resultando em 8 *clusters*.

Gráfico 8 – Método Gap – Pré Reeleições



Fonte: Elaborado pelo autor

Desse modo, as estatísticas *Silhouette* e *Gap* corroboraram a análise por dois grandes grupos e pelos oito agrupamentos observados pela inspeção da rede nesse período.

4.2.2 Período Pós Reeleições

De forma análoga ao item anterior foi construída a MST para o período pós reeleição (Figura 13). A Tabela 1 do Anexo IV apresenta os valores das ligações e os nós que elas conectam. A Tabela 2 do Anexo IV traz os valores das medidas de centralidade de todos os vértices desse mesmo período. Da mesma forma que no período pré reeleição, a disposição do *layout* da MST levou em consideração as estatísticas de rede, de forma que os nós com as maiores centralidades de proximidade e intermediação permanecessem no centro, já que são os mais importantes em termos de fluxo e mais próximos de todos os demais.

Conforme pode-se observar pela Tabela 5, as ações ITUB4 Banco Itaú Unibanco, ITSA – Itaú S.A. e as BBDC4 – Banco Bradesco foram as mais centrais. A primeira colocada em todas as medidas e mais central nesse período foi a BBDC4: possui maior número de ligações, mais ligações com vizinhos de elevado grau, mais próxima a todas as outras e maior influência na rede como um todo. Na segunda colocação, as ações do Grupo Itaú se revezam, exceto na centralidade de autovalor, cujos papéis da Petrobras – PETR4 obtiveram segunda colocação.

Figura 13 – MST Pós Reeleições

FINANCEIRO E OUTROS

- Servicos Financeiros Diversos
- Previdencia e Seguros
- Exploracao de Imoveis
- Holdings Diversificadas
- Intermediarios Financeiros
- Outros

BENS INDUSTRIAIS

- Maquinas e Equipamentos
- Transporte
- Servicos Diversos
- Construcão e Engenharia
- Material de Transporte
- Comercio (Bens Industriais)

UTILIDADE PÚBLICA

- ▲ Energia Eletrica
- ▲ Agua e Saneamento
- ▲ Gas

CONSUMO CÍCLICO

- ◆ Tecidos, Vestuario e Calçados
- ◆ Diversos
- ◆ Comercio (Consumo Ciclico)
- ◆ Viagens e Lazer
- ◆ Midia
- ◆ Construcão Civil
- ◆ Utilidades Domesticas
- ◆ Hotéis e Restaurantes
- ◆ Automoveis e Motocicletas

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

- ▲ Programas e Servicos
- ▲ Computadores e Equipamentos

CONSUMO NÃO CÍCLICO

- Bebidas
- Alimentos Processados
- Produtos de Uso Pessoal e de Limpeza
- Agropecuaria
- Diversos
- Comercio e Distribuicao (Consumo nao Ciclico)

MATERIAIS BÁSICOS

- ▲ Mineracao
- ▲ Quimicos
- ▲ Madeira e Papel
- ▲ Siderurgia e Metalurgia
- ▲ Embalagens
- ▲ Materiais Diversos

PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS

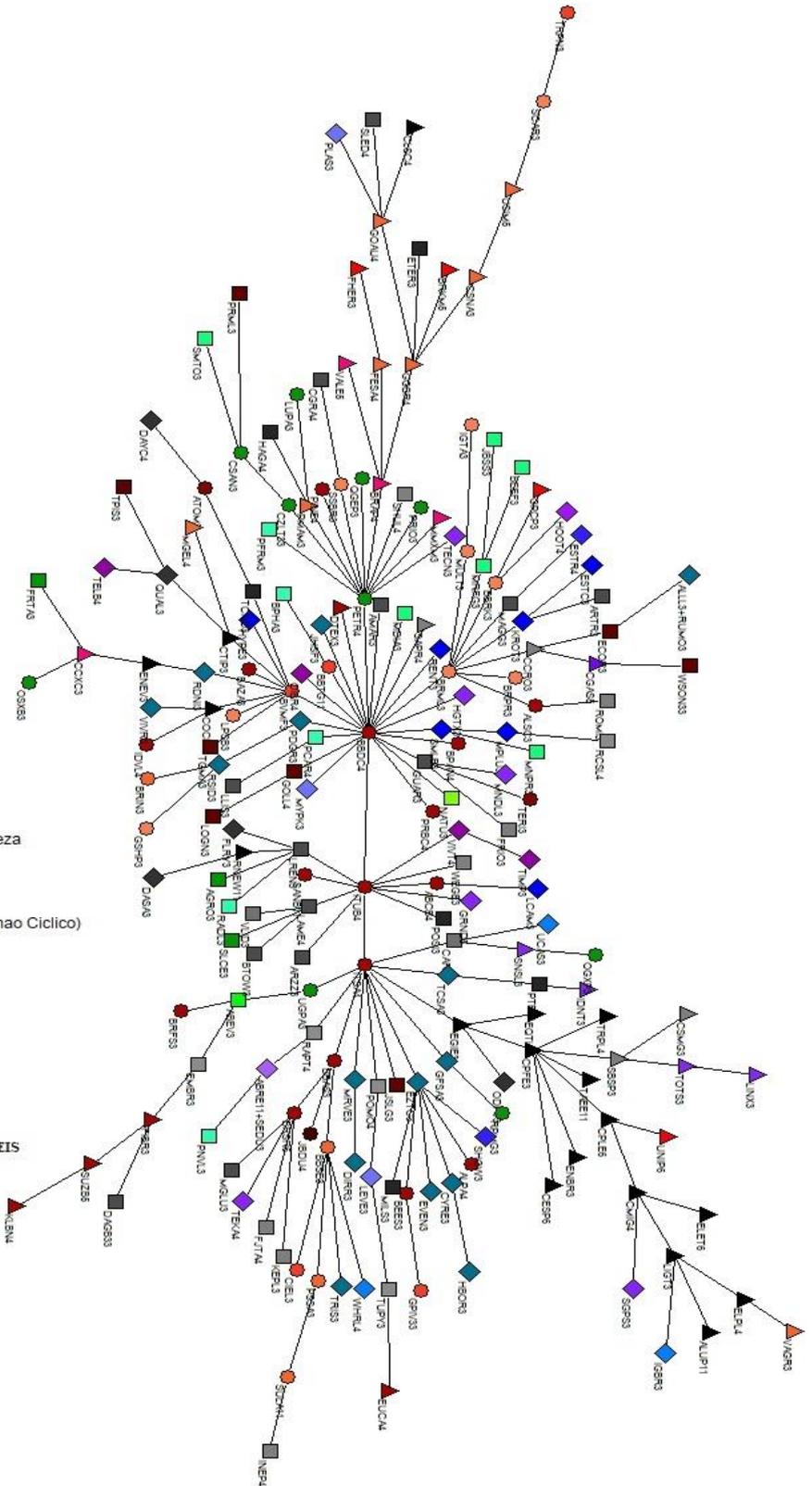
- Petroleo, Gas e Biocombustiveis

SAÚDE

- ◆ Equipamentos
- ◆ Medicamentos e Outros Produtos
- ◆ Comercio e Distribuicao (Saude)
- ◆ Analises e Diagnosticos

TELECOMUNICAÇÕES

- ◆ Telecomunicacoes



Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 5– Medidas de Centralidade dos Vértices Pós Reeleições

| Pos. | Medidas de Centralidade | | | | | | | |
|------|-------------------------|----|-------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|
| | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
| 1 | BBDC4 | 22 | BBDC4 | 0,2929 | BBDC4 | 0,7315 | BBDC4 | 0,7734 |
| 2 | ITSA4 | 12 | ITUB4 | 0,2874 | ITUB4 | 0,5787 | PETR4 | 0,1774 |
| 3 | PETR4 | 12 | ITSA4 | 0,2668 | ITSA4 | 0,5754 | BVMF3 | 0,1411 |
| 4 | ITUB4 | 11 | PETR4 | 0,2441 | PETR4 | 0,2834 | GUAR3 | 0,1369 |
| 5 | BVMF3 | 9 | BRML3 | 0,2383 | BRML3 | 0,2002 | BRML3 | 0,1300 |
| 6 | BRML3 | 9 | BVMF3 | 0,2377 | EGIE3 | 0,1926 | OIBR4 | 0,1232 |
| 7 | CPFE3 | 7 | SMLE3 | 0,2284 | BVMF3 | 0,1909 | SMLE3 | 0,1204 |
| 8 | EZTC3 | 7 | GUAR3 | 0,2284 | CPFE3 | 0,1714 | PRBC4 | 0,1203 |
| 9 | BBSE3 | 5 | PDGR3 | 0,2284 | BRAP4 | 0,1339 | BPAN4 | 0,1200 |
| 10 | BRSR6 | 5 | BBTG11 | 0,2273 | BBAS3 | 0,1257 | SAPR4 | 0,1187 |
| 11 | LREN3 | 5 | GOLL4 | 0,2273 | GGBR4 | 0,0981 | PDGR3 | 0,1182 |
| 12 | GGBR4 | 5 | PCAR4 | 0,2273 | CPLE6 | 0,0876 | BBTG11 | 0,1142 |
| 13 | CMIG4 | 4 | NATU3 | 0,2268 | EZTC3 | 0,0793 | AMAR3 | 0,1139 |
| 14 | EGIE3 | 4 | MDIA3 | 0,2268 | CMIG4 | 0,0691 | JHSF3 | 0,1136 |
| 15 | LAME4 | 4 | AMAR3 | 0,2268 | UGPA3 | 0,0686 | MDIA3 | 0,1112 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

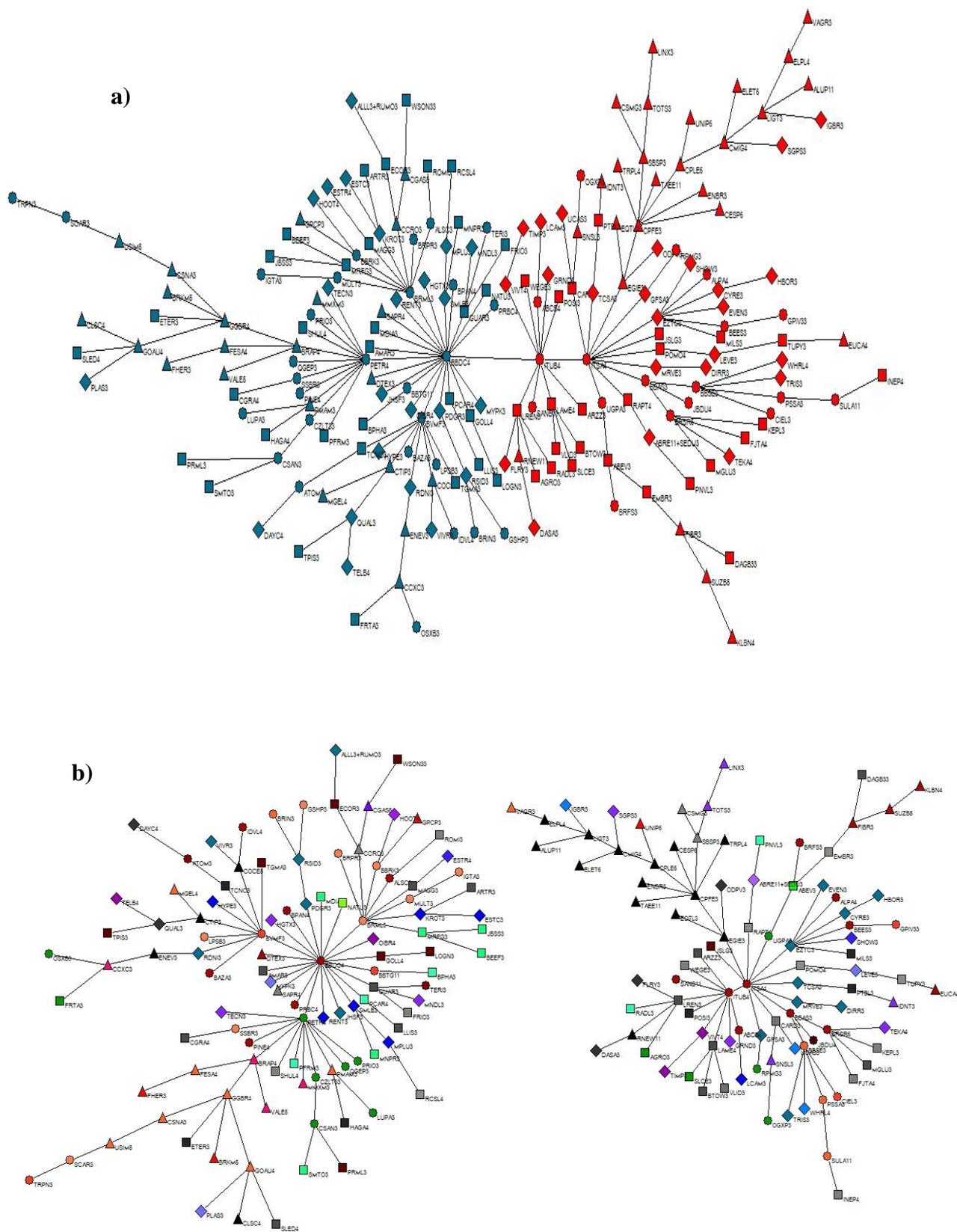
Nesse período não ocorreu uma dualidade intersetorial, mas uma dualidade intrasetorial: o Bradesco e o Itaú dividem o nível de importância e influência na rede. Na Figura 14, de azul o grande agrupamento com centro em BBDC4 e em vermelho o outro com centro em ITSA4, conforme foi desmembrado no item b da mesma figura.

O grupo com centro em ITSA4 possui ao seu redor grande número das empresas que antes constituíam o grande *cluster* do setor da construção civil. Isso sugere que no período de choque dos resultados eleitorais o Banco Itaú tenha se tornado o principal credor dessas empresas. Dessa forma, choques nesse banco têm capacidade de influenciar todo setor da construção civil rapidamente.

O agrupamento com centro em BBDC4 é bastante heterogêneo e também se destacam a PETR4- Petrobrás, as ações BVMF3- BM&FBOVESPA e BRML3 – Br Malls que são centros de outros *clusters* e possuem elevada centralidade de grau e autovalor. Isso denota uma importância ainda maior à BBDC4, pois todo fluxo entre esses setores deve passar necessariamente por ela.

Além desse grande grupo dual, foram identificados outros sete *clusters* inspecionando-se a MST: (i) grupo com centro em BRML3 formado por empresas ligadas a *shopping centers*, alimentícia e concessionárias; (ii) da energia elétrica com centro em CPFE3; (iii) um grupo diversificado com centro em BVMF3; (iv) com centro em PETR4 um grupo com predominância de ações do setor de gás, petróleo e biocombustíveis; (v) setor das indústrias

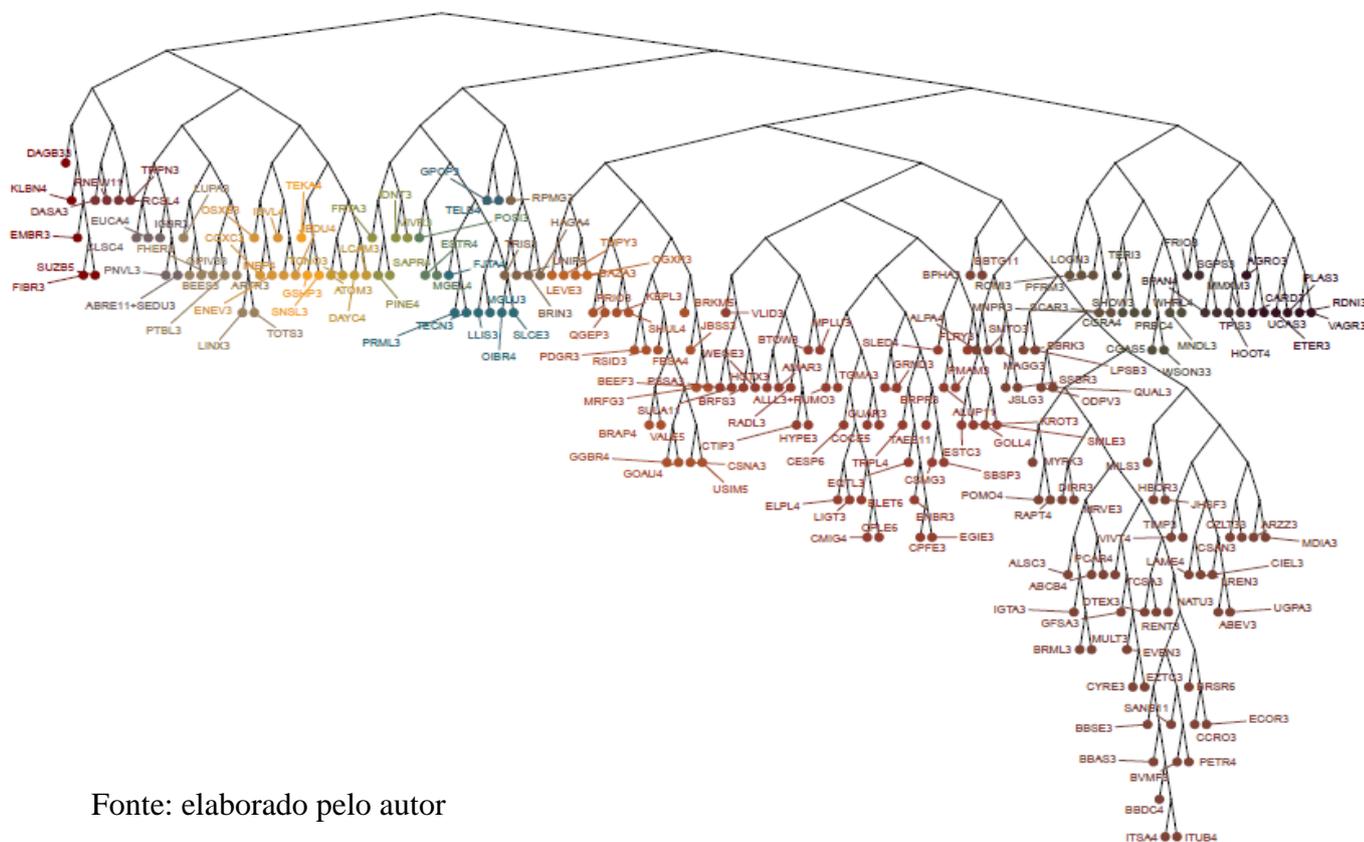
Figura 14 – Dualidade Pós Reeleições



pesadas com centro em GGBR4; (vi) um setor com centro em BBSE3- Banco do Brasil com influência de operadoras de seguro e (vii) outro setor heterogêneo mas com certa predominância das indústrias ligadas a celulose, com centro em FIBR3- Fibria Celulose SA. Eles seguem demonstrados na Figura 16, na página seguinte.

A hierarquia da rede nesse período foi representada pelo dendrograma da Figura 1 do Anexo IV. A um nível fixo de distância de correlação $d_{ij} = \sqrt{2} \cong 1.4142$ foi possível constituir 19 grupos. A Figura 15 demonstra essa estrutura hierárquica e seus respectivos grupos formados de forma mais suavizada.

Figura 15 – Dendrograma Suavizado Pós Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

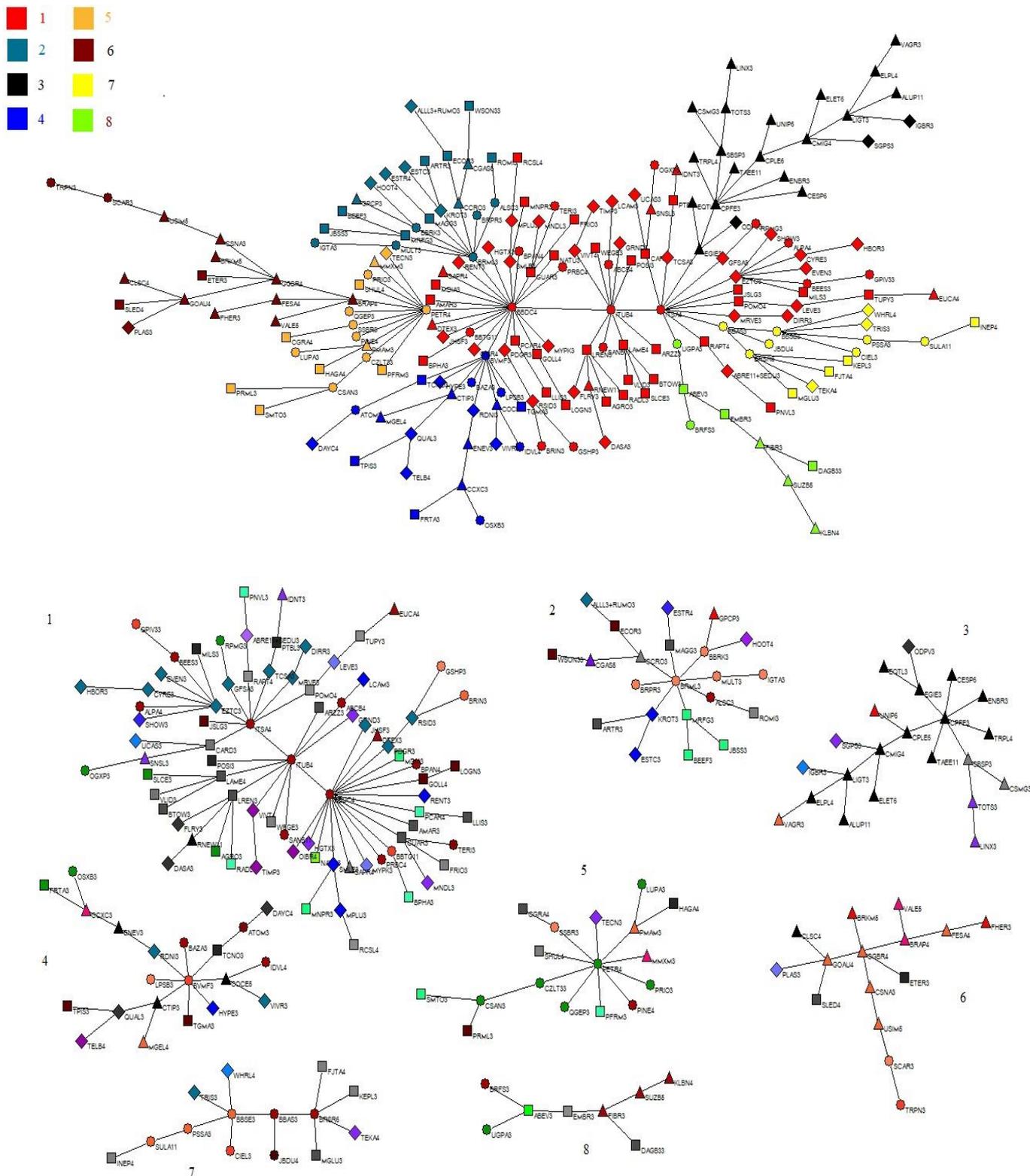
As estatísticas de rede para o período pós reeleições seguem na Tabela 6 abaixo:

Tabela 6 – Estatísticas Consolidadas Período Pré

| Per. | Distância de Correlação | | | | | Medidas de Centralização | | | |
|------|-------------------------|-----------|------------|---------|----------|--------------------------|---------|--------|--------|
| | Média | Variância | Assimetria | Curtose | Comp. | Grau | Prox. | Auto. | Inter. |
| Pré | 1,1296 | 0,0307 | -1,8244 | 5,0964 | 223,6644 | 0,06571 | 0,15813 | 0,9634 | 0,6623 |

Fonte: Elaborado pelo autor

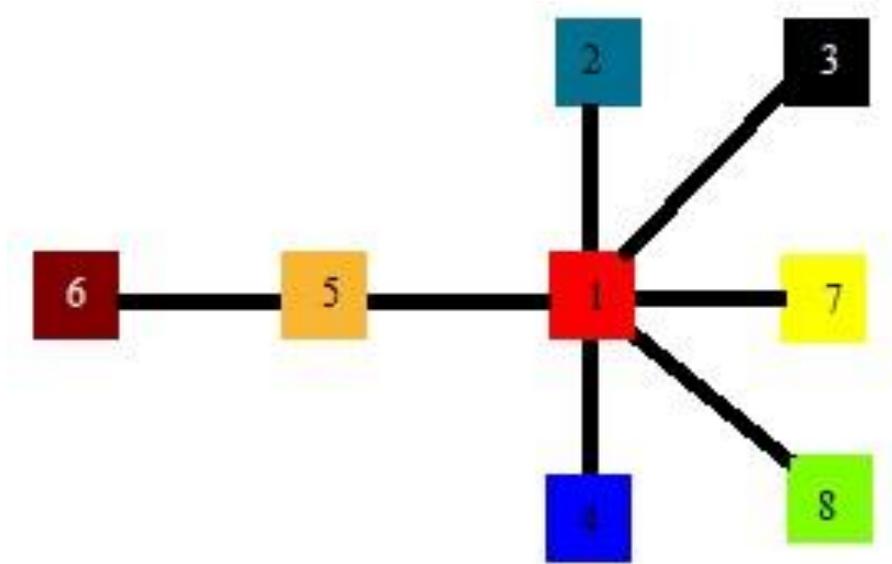
Figura 16 – Grupos da MST Pós Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

Identificadas as *clusters* foi constituída uma rede dos setores, da mesma forma que no período pré reeleições (Figura 17).

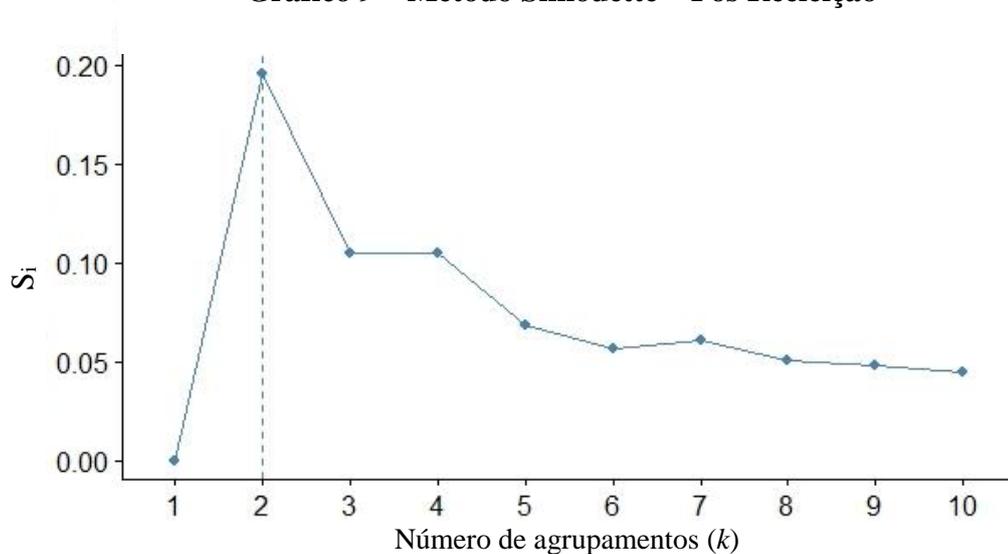
Figura 17 – Rede dos Clusters Pós Reeleição



Fonte: elaborado pelo autor

Aplicando-se as metodologias *Silhouette* e *Gap* foram obtidos os números ótimos de grupos os para o período pós reeleição. Para o primeiro caso, foram calculados valores da estatística S_i equação (34) para o número de grupos k variando de 1 a 10 - Gráfico 9. Quando S_i atingiu seu máximo considerou-se o ponto ótimo (KASSAMBARA, 2017, pag. 130) que resultou em 2 *clusters*.

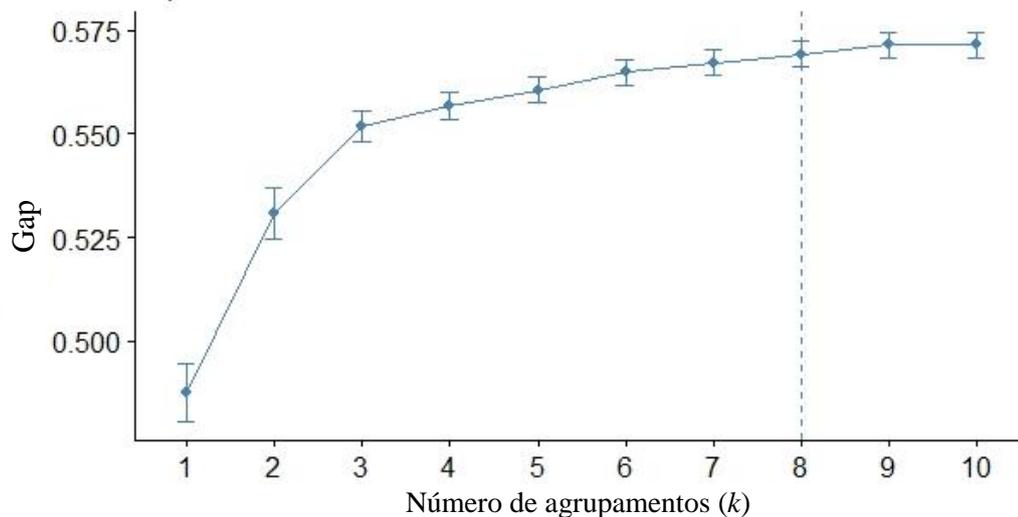
Gráfico 9 – Método Silhouette – Pós Reeleição



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o segundo caso foram calculados valores da estatística *Gap* (35) para número de grupos k entre 1 e 10. O valor ótimo foi dado tal que $Gap(k) \geq Gap(k + 1) - S_{k+1}$ com um número de simulações $B=500$ (KASSAMBRA, 2017, pag. 131) – Gráfico 10- resultando em 8 *clusters*.

Gráfico 10 – Método Gap – Pós Reeleição



Fonte: Elaborado pelo autor

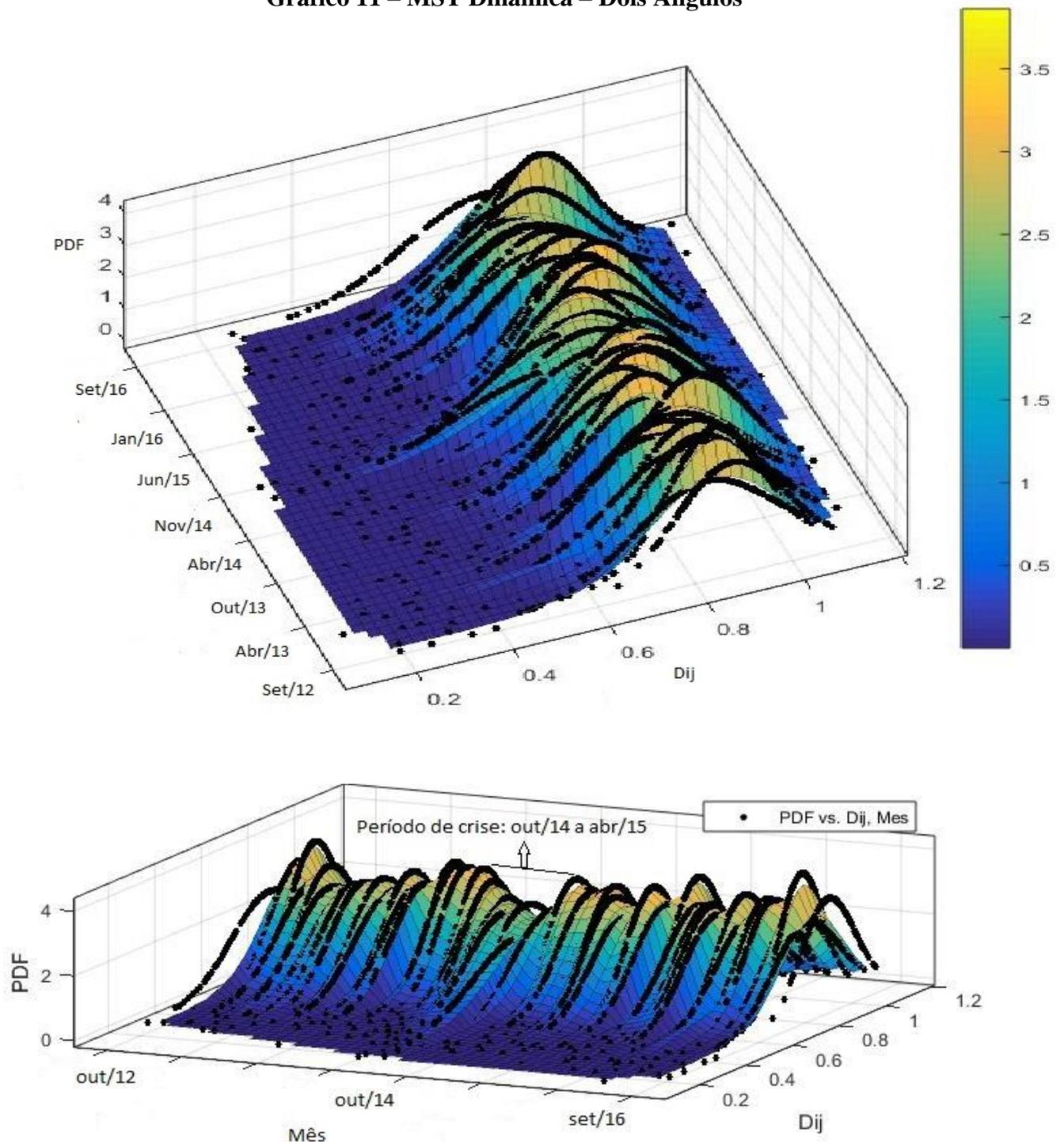
Dessa forma os valores das estatísticas *Gap* e *Silhouette* também corroboram a escolha por 8 setores e presença da dualidade, essa, porém denotada de forma intrasetorial.

4.3 DISCUSSÃO

A partir da análise dinâmica apresentada foi possível concluir que o risco sistêmico aumentou após a reeleição da Dilma Rousseff por um período de seis meses e depois voltou aos mesmos patamares, como se observou pela evolução do comportamento da distância de correlação média e comprimento de rede: o nível de correlação aumentou e o tamanho da rede de choque de seis meses: de outubro de 2014 a abril de 2015. Após esse tempo, retornaram a patamares compatíveis anteriormente. O Gráfico 11 resume os quatro momentos em um único gráfico. As medidas de comprimento, média e variância da distância de correlação definiram o período. As medidas de assimetria e curtose da distância de correlação nos mostraram aspectos relativos a incerteza e expectativas dos agentes nesse mercado.

Antes do choque, a tendência da curtose e assimetria mais inclinada em direção aos seus

Gráfico 11 – MST Dinâmica – Dois Ângulos



Fonte: Elaborado pelo autor.

respectivos patamares de maior risco indicaram uma incerteza dos agentes em relação do que poderia ocorrer no futuro e uma expectativa de um maior risco num horizonte de tempo menor que do período pós reeleição. Nesse período as incertezas e expectativas diminuem, porém a níveis que correspondem a um maior risco. De certa forma, como o choque já foi absorvido e

os níveis de risco, em termos de assimetria e curtose, estabilizados em patamares mais elevados, não há uma expectativa de que tudo possa piorar.

Assumindo que o mercado como um sistema adaptativo complexo, esse comportamento demonstrou seus atributos de evolução e adaptação, atingindo um novo equilíbrio e comportamento após um choque sistêmico. Dessa forma, foi respondida a pergunta se o risco aumentou após a reeleição, delimitou-se o período que isso ocorreu e corroborou-se as hipóteses iniciais. Por fim, o objetivo de avaliar se o risco do mercado acionário brasileiro aumentou após a reeleição da ex-presidente Dilma Roussef, em termos de alterações topológicas da rede de correlações foi alcançado.

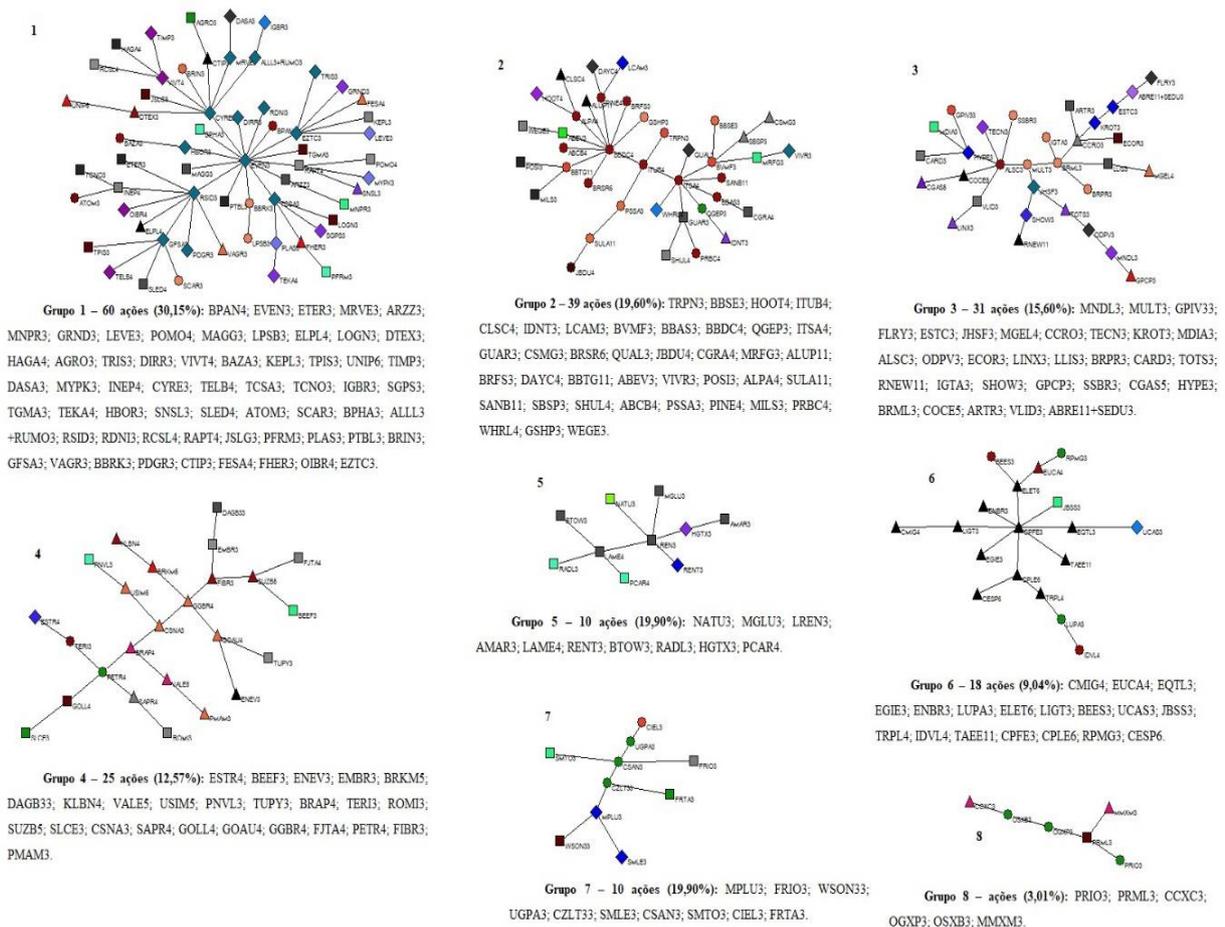
Da análise hierárquica pode-se observar que antes dos resultados eleitorais a topologia do mercado se baseava na dualidade entre o setor de construção civil e o financeiro. Os vértices mais importantes eram BBDC4 – Banco Bradesco e EVEN3 – Construtora Even. O setor da construção civil possuía elementos distribuídos em um grande agrupamento heterogêneo, sendo que as ações desse setor exerciam papéis de elevado prestígio, possuindo elevado número de ligações e as maiores centralidades de autovalor. Presume-se que choques nesses indivíduos se espalhariam facilmente por todo agrupamento. Com o impacto dos resultados eleitorais, emergiu-se um novo equilíbrio. O setor da construção civil deixou de ser importante, cedendo espaço para formação de novos seguindo a evolução e eclosão de uma nova estrutura do mercado, em termos topológicos. A dualidade que antes era entre setores passou a ser entre empresas, Itaú e Bradesco, que passaram a ter importância a nível estrutural. Seus níveis de centralidade fazem que seis, dos demais sete grupos, dependam de sua intermediação para alcançarem outros *clusters*. Isso denota que esses bancos se tornaram tão importantes, ou até mesmo mais importantes que vários grupos e setores.

A análise dos dendrogramas dos períodos pré reeleição e pós reeleição não indicaram uma alteração significativa da quantidade de grupos correlacionados disponíveis, os quais poderiam ser utilizados para diversificação do portfólio e redução do risco sistêmico. A um nível de distância de $d_{ij} = 1,4000$ o valor foi de 25 para os dois períodos. O um nível de $d_{ij} = \sqrt{2} \cong 1,4142$ foram 20 para o período pré e 19 para o pós. A diferença de apenas um setor é facilmente anulada pela aproximação dos valores, conforme pode-se notar. Pelo método *Silhouette* número ótimo de grupos foi dois e pelo método Gap, oito grupos. Todos iguais para os dois períodos. De fato, pela inspeção intuitiva da MST foi possível delinear a dualidade e a quantidade de oito grupos para os dois períodos, indo de encontro aos métodos de definição de número ótimo de *clusters* pelo método de agrupamentos hierárquicos.

Com base nessa informação foram montados os portfólios de Markowitz (mínima variância) e o de mínimo risco sistêmico. Para se mitigar o risco sistêmico deve-se optar pela diversificação do investimento, já que o mesmo é um risco não sistemático. A composição das carteiras deve abranger todos os oito *clusters* obtidos, para cada um dos períodos. Assim, quantidades proporcionais de ações devem ser distribuídas para cada um dos 8 grupos identificados nas MST's,

Para o período pré reeleições os grupos foram (Figura 18):

Figura 18 – Mínimo Risco Sistêmico Pré Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

Grupo 1 – 60 ações (30,15%): BPAN4; EVEN3; ETER3; MRVE3; ARZZ3; MNPR3; GRND3; LEVE3; POMO4; MAGG3; LPSB3; ELPL4; LOGN3; DTEX3; HAGA4; AGRO3; TRIS3; DIRR3; VIVT4; BAZA3; KEPL3; TPIS3; UNIP6; TIMP3; DASA3; MYPK3; INEP4; CYRE3; TELB4; TCSA3; TCNO3; IGBR3; SGPS3; TGMA3; TEKA4; HBOR3; SNSL3; SLED4; ATOM3; SCAR3; BPHA3; ALLL3+RUMO3; RSID3; RDNI3; RCSL4; RAPT4;

JSLG3; PFRM3; PLAS3; PTBL3; BRIN3; GFSA3; VAGR3; BBRK3; PDGR3; CTIP3; FESA4; FHER3; OIBR4; EZTC3.

Grupo 2 – 39 ações (19,60%): TRPN3; BBSE3; HOOT4; ITUB4; CLSC4; IDNT3; LCAM3; BVMF3; BBAS3; BBDC4; QGEP3; ITSA4; GUAR3; CSMG3; BRSR6; QUAL3; JBDU4; CGRA4; MRFG3; ALUP11; BRFS3; DAYC4; BBTG11; ABEV3; VIVR3; POSI3; ALPA4; SULA11; SANB11; SBSP3; SHUL4; ABCB4; PSSA3; PINE4; MILS3; PRBC4; WHRL4; GSHP3; WEGE3.

Grupo 3 – 31 ações (15,60%): MNDL3; MULT3; GPIV33; FLRY3; ESTC3; JHSF3; MGEL4; CCRO3; TECN3; KROT3; MDIA3; ALSC3; ODPV3; ECOR3; LINX3; LLIS3; BRPR3; CARD3; TOTS3; RNEW11; IGTA3; SHOW3; GPCP3; SSB3; CGAS5; HYPE3; BRML3; COCE5; ARTR3; VLID3; ABRE11+SEDU3.

Grupo 4 – 25 ações (12,57%): ESTR4; BEEF3; ENEV3; EMBR3; BRKM5; DAGB33; KLBN4; VALE5; USIM5; PNVL3; TUPY3; BRAP4; TERI3; ROMI3; SUZB5; SLCE3; CSNA3; SAPR4; GOLL4; GOAU4; GGBR4; FJTA4; PETR4; FIBR3; PMAM3.

Grupo 5 – 10 ações (19,90%): NATU3; MGLU3; LREN3; AMAR3; LAME4; RENT3; BTOW3; RADL3; HGTX3; PCAR4.

Grupo 6 – 18 ações (9,04%): CMIG4; EUCA4; EQTL3; EGIE3; ENBR3; LUPA3; ELET6; LIGT3; BEES3; UCAS3; JBSS3; TRPL4; IDVL4; TAEE11; CPFE3; CPLE6; RPMG3; CESP6.

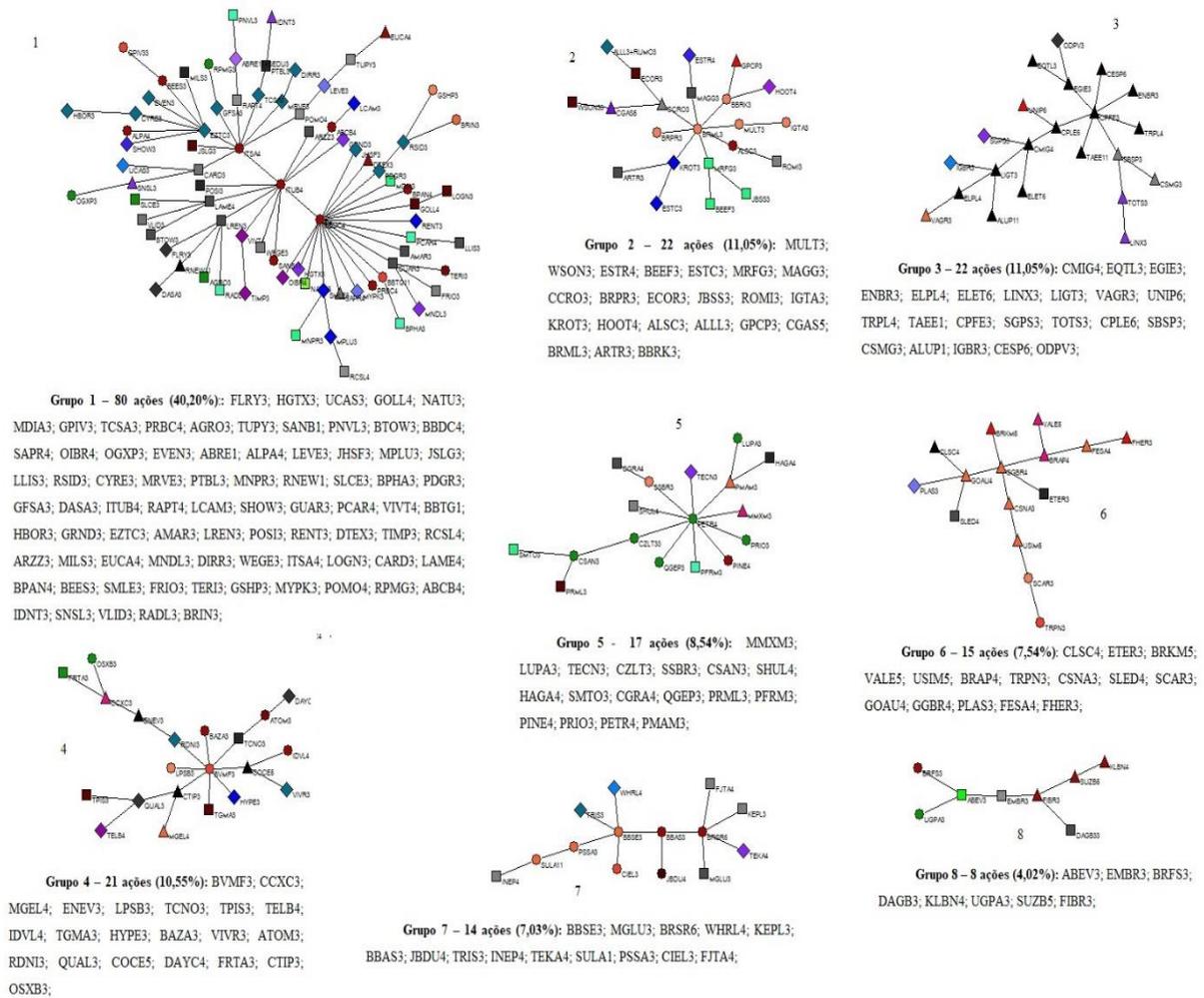
Grupo 7 – 10 ações (5,02%): MPLU3; FRIO3; WSON33; UGPA3; CZLT33; SMLE3; CSAN3; SMTO3; CIEL3; FRTA3.

Grupo 8 – ações (3,01%): PRIO3; PRML3; CCXC3; OGXP3; OSXB3; MMXM3.

Para o período pós reeleições os grupos foram (Figura 19):

Grupo 1 – 80 ações (40,20%): FLRY3; HGTX3; UCAS3; GOLL4; NATU3; MDIA3; GPIV3; TCSA3; PRBC4; AGRO3; TUPY3; SANB1; PNVL3; BTOW3; BBDC4; SAPR4; OIBR4; OGXP3; EVEN3; ABRE1; ALPA4; LEVE3; JHSF3; MPLU3; JSLG3; LLIS3; RSID3; CYRE3; MRVE3; PTBL3; MNPR3; RNEW1; SLCE3; BPHA3; PDGR3; GFSA3; DASA3; ITUB4; RAPT4; LCAM3; SHOW3; GUAR3; PCAR4; VIVT4; BBTG1; HBOR3; GRND3; EZTC3; AMAR3; LREN3; POSI3; RENT3; DTEX3; TIMP3; RCSL4; ARZZ3; MILS3; EUCA4; MNDL3; DIRR3; WEGE3; ITSA4; LOGN3; CARD3; LAME4; BPAN4; BEES3; SMLE3; FRIO3; TERI3; GSHP3; MYPK3; POMO4; RPMG3; ABCB4; IDNT3; SNSL3; VLID3; RADL3; BRIN3;

Figura 19 – Mínimo Risco Sistêmico Pós Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor

Grupo 2 – 22 ações (11,05%): MULT3; WSON3; ESTR4; BEEF3; ESTC3; MRFG3; MAGG3; CCRO3; BRPR3; ECOR3; JBSS3; ROMI3; IGTA3; KROT3; HOOT4; ALSC3; ALL3; GPCP3; CGAS5; BRML3; ARTR3; BBRK3;

Grupo 3 – 22 ações (11,05%): CMIG4; EQTL3; EGIE3; ENBR3; ELPL4; ELET6; LINX3; LIGT3; VAGR3; UNIP6; TRPL4; TAEE1; CPFE3; SGPS3; TOTS3; CPLE6; SBSP3; CSMG3; ALUP1; IGBR3; CESP6; ODPV3;

Grupo 4 – 21 ações (10,55%): BVMF3; CCXC3; MGEL4; ENEV3; LPSB3; TCNO3; TPIS3; TELB4; IDVL4; TGMA3; HYPE3; BAZA3; VIVR3; ATOM3; RDNI3; QUAL3; COCE5; DAYC4; FRTA3; CTIP3; OSXB3;

Grupo 5 - 17 ações (8,54%): MMXM3; LUPA3; TECN3; CZLT3; SSBR3; CSAN3; SHUL4; HAGA4; SMT03; CGRA4; QGEP3; PRML3; PFRM3; PINE4; PRIO3; PETR4; PMAM3;

Grupo 6 – 15 ações (7,54%): CLSC4; ETER3; BRKM5; VALE5; USIM5; BRAP4; TRPN3; CSNA3; SLED4; SCAR3; GOAU4; GGBR4; PLAS3; FESA4; FHER3;

Grupo 7 – 14 ações (7,03%): BBSE3; MGLU3; BRSR6; WHRL4; KEPL3; BBAS3; JBDU4; TRIS3; INEP4; TEKA4; SULA1; PSSA3; CIEL3; FJTA4;

Grupo 8 – 8 ações (4,02%): ABEV3; EMBR3; BRFS3; DAGB3; KLBN4; UGPA3; SUZB5; FIBR3;

Para a composição das carteiras de mínima variância, a opta-se pelas ações mais exteriores da MST com as maiores distâncias do centro “turbulento” da árvore. Assim para cada um dos períodos as melhores opções foram as ações com menor centralidade de proximidade. As vinte menores centralidades de proximidade para o período pré reeleição - Tabela 7:

Tabela 7 – Menores Centralidades Pré Reelection

| Pos. | Ação | Prox. | Pos. | Ação | Prox. |
|------|--------|--------|------|--------------|--------|
| 1 | CCXC3 | 0,0882 | 11 | MNDL3 | 0,1023 |
| 2 | GPCP3 | 0,0928 | 12 | EMBR3 | 0,1025 |
| 3 | DAGB33 | 0,0930 | 13 | SUZB5 | 0,1026 |
| 4 | FJTA4 | 0,0931 | 14 | PRIO3 | 0,1066 |
| 5 | BEEF3 | 0,0931 | 15 | MMXM3 | 0,1066 |
| 6 | OSXB3 | 0,0967 | 16 | OGXP3 | 0,1069 |
| 7 | FLRY3 | 0,1004 | 17 | IDVL4 | 0,1081 |
| 8 | KLBN4 | 0,102 | 18 | ABRE11+SEDU3 | 0,1115 |
| 9 | TUPY3 | 0,1021 | 19 | PNVL3 | 0,1121 |
| 10 | ENEV3 | 0,1021 | 20 | RNEW11 | 0,1132 |

Fonte: elaborado pelo autor

As vinte menores centralidades para o período pós reeleição- Tabela 8:

Tabela 8 – Menores Centralidades Pós Reelection

| Pos. | Ação | Prox. | Pos. | Ação | Prox. |
|------|--------|--------|------|-------|--------|
| 1 | VAGR3 | 0,0990 | 11 | LINX3 | 0,1207 |
| 2 | TRPN3 | 0,1024 | 12 | ELET6 | 0,1224 |
| 3 | KLBN4 | 0,1052 | 13 | SGPS3 | 0,1224 |
| 4 | IGBR3 | 0,1096 | 14 | LIGT3 | 0,1231 |
| 5 | ALUP11 | 0,1096 | 15 | FRTA3 | 0,1235 |
| 6 | ELPL4 | 0,1098 | 16 | OSXB3 | 0,1235 |
| 7 | SCAR3 | 0,1141 | 17 | PLAS3 | 0,1282 |
| 8 | DAGB33 | 0,1174 | 18 | SLED4 | 0,1282 |
| 9 | SUZB5 | 0,1175 | 19 | CLSC4 | 0,1282 |
| 10 | INEP4 | 0,1176 | 20 | USIM5 | 0,1285 |

Fonte: elaborado pelo autor

Dessa forma, foi respondida a pergunta se a reeleição de Dilma Rousseff alterou os setores e empresas mais importantes no mercado acionário e atingimos o objetivo de desvendar de que forma a estrutura hierárquica da rede de distância de correlações se modificou após a reeleição, em se tratando dos agentes centrais e agrupamentos na rede. Com essa informação, foram elaborados portfólios de menor variância e menor risco sistêmico nos dois períodos e atingido esse objetivo secundário.

A comparação da rede setorial que se emergiu do período pré (Figura 10) e pós (Figura 16) corroboram o aumento do risco de um período para o outro. Zhang et al. (2011) mostraram como as localizações dos grupos nas Árvores Geradoras Mínimas se relacionariam diretamente com risco. O mesmo sugeriu que o formato de estrela, alto nível de centralização, com um setor central e os demais diretamente conectado a ele, denotaria períodos de crise. O formato de corrente, baixa centralização, estaria associado a períodos de normalidade. Conforme se observou, o período pós crise possui uma ligação a mais no sentido do formato estrelado. Pode se observar que o setor financeiro passou de cinco para seis ligações, sendo que 7 ligações denotaria a forma de estrela.

5. CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

Os resultados apresentados nesse trabalho constituíram de ferramental importante e alinhado com as propostas do FMI para análise do risco sistêmico assim como às regulações macro prudenciais. De fato, a MST pós crise, por ser estruturada com base de dados de dois anos após os resultados eleitorais, identificou um novo equilíbrio. Nele o mercado já está adaptado e sem expectativas de novas crises, apresentando níveis de risco compatíveis aos dois anos anteriores, de uma maneira geral. O impacto da crise pode ser observado nas estatísticas consolidadas (Tabela 9). A centralização de grau e proximidade aumentaram mais que proporcionalmente que as demais medidas na direção de uma rede com formato de estrela, com menor comprimento e maior risco.

Tabela 9 – Estatísticas Consolidadas

| Per. | Distância de Correlação | | | | | Medidas de Centralização | | | |
|------|-------------------------|-----------|------------|---------|----------|--------------------------|---------|--------|--------|
| | Média | Variância | Assimetria | Curtose | Comp. | Grau | Prox. | Auto. | Inter. |
| Pré | 1,1296 | 0,0307 | -1,8244 | 5,0964 | 223,6644 | 0,06571 | 0,15813 | 0,9634 | 0,6623 |
| Pós | 1,1179 | 0,0333 | -1,4337 | 2,6336 | 221,3468 | 0,10106 | 0,23333 | 0,9587 | 0,7103 |

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados alcançados também possibilitaram uma demonstração prática de formação de portfólios de investimento que minimizam o risco sistêmico e também de carteiras que minimizam a variância, o portfólio de Markowitz, válidos desde que se mantenha as ações em carteira pelo mesmo período de tempo de construção das redes, 2 anos e sejam de períodos subsequentes ao período analisado.

O desafio de se tentar evitar ou mitigar o efeito de grandes colapsos no sistema econômico continua. Foi possível comprovar que após a crise o sistema se alterou e se adaptou à nova realidade. Os agentes que o compõe aprendem com os erros e novas formas de interação se emergem. Do comportamento individual de investir em ações da BM&FBOVESPA emergiu uma rede de interações de correlações a qual teve muito a revelar sobre o mercado.

Ademais, o advento de algoritmos para aprendizados de máquinas, *Machine Learning*, possui aplicações no mercado financeiro. Algoritmos não são capazes de analisar a expectativa das pessoas as quais interagem num mercado, nem o nível de incerteza das mesmas em relação ao futuro, mas são capazes de analisar, por exemplo, as medidas de assimetria e curtose que se emergiram da MST dinâmica e analisar tendência das mesmas. Também são capazes de identificar os grupos e medidas de centralidade e compor portfólios de mínima variância e risco

sistêmico. Acredito que há muito que possa ser desenvolvido nessa direção, especialmente no desenvolvimento de núcleos de estudo e patentes de softwares.

Assim, seguindo os parâmetros internacionais sugeridos, aplicamos de forma prática o legado de redes complexas para o mercado financeiro (MARTI et al, 2017). Por meio dele foi possível realizarmos uma análise do risco sistêmico do período anterior e posterior à divulgação dos resultados eleitorais de 2014 para o mercado acionário da BM&FBOVESPA. Também identificamos a duração do choque e como ele alterou a interação entre os agentes nesse mercado. Absorvido o choque, o mercado evoluiu e se adaptou para um novo nível de interações setoriais e institucionais. O comportamento da elasticidade da assimetria e da curtose se relacionaram a expectativa dos indivíduos em relação a um futuro com ou sem crise. Foi possível concluir que o risco aumentou por um período de seis meses. Após o advento de uma nova estrutura, diante de novas expectativas do mercado, o risco retornou aos padrões iniciais.

Entretanto, a estrutura do mercado se modificou consideravelmente. O setor da construção civil se dispersou. Alguns poucos bancos passaram a ser mais conectados que setores inteiros. As carteiras de Markowitz e de menor risco sistêmico se alteraram. Acharya et al. (2017) apresentaram um modelo para construção do risco sistêmico baseando-se no setor financeiro como o principal propagador de choques. Esse modelo vai de encontro ao que se analisou nesse trabalho.

Por fim, se tornou evidente a dependência da economia brasileira do setor financeiro. Os mecanismos de como ocorreu esse processo e o porquê são pontos que poderiam ser objetos de novas pesquisas no futuro. Bolhas nos mercados? Ausência de intervenção no mercado de forma a proteger setores e empresas? Essas seriam as sugestões para novas perguntas em novos desafios em compreender a interação, adaptação e evolução do mercado acionário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VIRAL V. ACHARYA, Viral.V.; PEDERSEN, Lasse H.; PHILIPPON, Thomas; RICHARDSON, Matthew Measuring Systemic Risk. **The Review of Financial Studies**, v. 30, n. 1, p. 2-47, 2017.
- AHN, Seung C.; HORENSTEIN, Alex R.; WANG, Na. **Beta Matrix and Common Factors in Stock Returns**, 2014. Disponível em <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1567933>. Acesso em outubro de 2016.
- ARTHUR, W. Brian; DURLAUF, Steven N.; LANE, David A. (Ed.). *The Economy As An Evolving Complex System II*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1997.
- BENOIT, Sylvain; COLLIARD, Jean-Edouard; HURLIN, Christophe; PÉRIGNON, Christophe. Where the Risks Lie: A Survey on Systemic Risk. **Review of Finance**, v. 21, n. 1, p. 109-152, 2017.
- BACK, Kerry. **Asset Pricing and Portfolio Choice Theory**. Oxford University Press, 2ed. 2017.
- BARROSO, Pedro; SANTA-CLARA, Pedro. Momentum Has its Moments. **Journal of Financial Economics**, v. 116, n. 1, p. 111-120, 2015.
- BARABÁSI, Albert-László. **Network Science**. 2012. Conteúdo online. Disponível em <<http://barabasi.com/networksciencebook/>>. Acesso em novembro de 2016.
- BASLE COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards**. Basle Committee on Banking Supervision, 1998. Disponível em <<http://www.bis.org/publ/bcbsc111.pdf>>. Acesso em outubro de 2017.
- _____. **International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework**. Bank for International Settlements, 2004. Disponível em <<http://www.bis.org/publ/bcbs128.pdf>>. Acesso em outubro de 2017.
- BASEL COMMITTEE. **Basel III: A Global Regulatory Framework for More Resilient Banks and Banking Systems**. **Basel Committee on Banking Supervision, Basel**, 2010. Disponível em <<http://www.bis.org/publ/bcbs189.pdf>>. Acesso em outubro de 2017.
- BOCCARA, Nino. **Modeling Complex Systems**. Springer Science & Business Media, 2010.
- BONANNO, Giovanni; CALDARELLI, Guido; LILLO, Fabrizio; MANTEGNA, Rosario N. Topology of Correlation-Based Minimal Spanning Trees in Real and Model Markets. **Physical Review**. Ed.68. 2003.
- BONANNO, Giovanni; LILLO, Fabrizio; MANTEGNA, Rosario N. **High-Frequency Cross-Correlation in a Set of Stocks**. Cornell University – arXiv.org. arXiv:0009350, 2001. Disponível em <<https://arxiv.org/pdf/cond-mat/0009350.pdf>>. Acesso em setembro de 2016.
- BORGHESI, Christian; MARSILI, Matteo; MICCICHÈ, Salvatore. Emergence of Time-

Horizon Invariant Correlation Structure in Financial Returns by Subtraction of the Market Mode. **Physical Review E**, v. 76, n. 2, p. 026104, 2007.

BM&FBOVESPA - BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS DE SÃO PAULO. **Annual Report 2013**. 2014. Disponível em <http://ir.bmfbovespa.com.br/enu/2773/RA2013_EN.pdf>. Acesso em novembro de 2016>.

_____. **Annual Report 2014**. 2015. Disponível em <http://ir.bmfbovespa.com.br/enu/2773/RA2014_EN.pdf>. Acesso em novembro de 2016.

_____. **Annual Report 2015**. 2016. Disponível em <http://ir.bmfbovespa.com.br/enu/2773/RA2015_EN.pdf>. Acesso em novembro de 2016.

BREEDEN, Douglas T. An Intertemporal Asset Pricing Model With Stochastic Consumption and Investment Opportunities. **Journal of Financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 265-296, 1979

BRIDA, Juan G.; RISSO, Wiston A. Multidimensional Minimal Spanning Tree: The Dow Jones Case. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 387, n. 21, p. 5205-5210, 2008.

BRIDA, Juan G; MATESANZ, David; SEIJAS, Maria N. Network Analysis of Returns and Volume Trading in Stock Markets: The Euro Stoxx Case. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 444, p. 751-764, 2016.

CAMPBELL, John Y.; LO, Andrew Wen-Chuan; MACKINLAY, Archie Craig. **The Econometrics of Financial Markets**. Princeton University Press, 1997.

CAPELLETTO, Lúcio Rodrigues. **Mensuração do Risco Sistêmico no Setor Bancário com Utilização de Variáveis Contábeis e Econômicas**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COCHRANE, John H. **Asset Pricing**. Princeton: Princeton University Press, 2001.

COELHO, R.; HUTZLER, S.; REPETOWICZ, P.; RICHMONT, P. Sector Analysis for a FTSE Portfolio of Stocks. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**, v. 373, p. 615-626, 2007.

COSTA, Hudson C; MAZZEU, João H G; DA COSTA JR, Newton C A. O Comportamento dos Componentes da Volatilidade das Ações no Brasil (The Behaviour of Volatility Components of Brazilian Stocks). **Revista Brasileira de Finanças**, v. 14, n. 2, p. 225, 2016.

DA SILVA, Ermes M.; DA SILVA, Elio M.; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio C. et al. **Estatística para Cursos de Economia, Administração e Ciências Contábeis. V-2**. São Paulo: Atlas, 1997.

DE NOOY, Wouter; MRVAR, Andrej; BATAGELJ, Vladimir. **Exploratory Social Network Analysis With Pajek**. Cambridge University Press, 2011.

DIAMOND, Douglas W.; DYBVIG, Philip H. Bank Runs, Deposit Insurance, and Liquidity. **Journal of political economy**, v. 91, n. 3, p. 401-419, 1983

DOWD, Kevin. **Measuring Market Risk**. John Wiley & Sons, 2007.

DROZDZ, S.; KWAPIEN, J.; SPETH, J. **Coherent Patterns in Nuclei and in Financial Markets**. Cornell University – ArXiv.org, arXiv:1009.1105, 2010. Disponível em <<https://arxiv.org/pdf/1009.1105v1.pdf>>. Acesso em outubro de 2016.

DUARTE JR., Antonio M; Risco: Definições, Tipos, Medição e Recomendações para seu Gerenciamento. **Gestão de Risco e Derivativos**. São Paulo: Atlas, 2001.

ELBANNAN, Mona A. The Capital Asset Pricing Model: an Overview of the Theory. **International Journal of Economics and Finance**, v. 7, n. 1, p. 216, 2015.

FAMA, Eugene F. Efficient Capital Markets: II. **The Journal of Finance**, v. 46, n. 5, p. 1575-1617, 1991.

FAMA, Eugene F.; FRENCH, Kenneth R. Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. **Journal of Financial Economics**, v. 33, n. 1, p. 3-56, 1993.

_____. Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. **The Journal of Finance**, v. 51, n. 1, p. 55-84, 1996.

_____. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 18, n. 3, p. 25-46, 2004.

_____. Average Returns, B/M, and Share Issues. **The Journal of Finance**, v. 63, n. 6, p. 2971-2995, 2008.

_____. Size, Value, and Momentum in International Stock Returns. **Journal of Financial Economics**, v. 105, n. 3, p. 457-472, 2012.

_____. Dissecting Anomalies With a Five-Factor Model. **Review of Financial Studies**, v. 29, n. 1, p. 69-103, 2016.

FEOFILOFF, Paulo; KOHAYAKAWA, Yoshiharu; WAKABAYASHI, Yoshiko. **Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos**. 2011. Disponível em <<http://www.ime.usp.br/~pf/teoriadosgrafos/texto/TeoriaDosGrafos.pdf>>. Acesso em outubro de 2016.

FREEMAN, Linton C. Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3, p. 215-239, 1978.

GALATI, Gabriele; MOESSNER, Richhild. Macroprudential Policy—a Literature Review. **Journal of Economic Surveys**, v. 27, n. 5, p. 846-878, 2013.

GARAS, Antonios; ARGYRAKIS, Panos. Correlation Study of the Athens Stock Exchange. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 380, p. 399-410, 2007.

GECZY, Christopher; SAMONOV, Mikhail. **212 Years of Price Momentum (The World's Longest Backtest: 1801-2012)**. SSRN 2292544. 2013. Disponível em <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2292544>. Acesso em outubro de 2016.

GOWER, J. C. Some Distance Properties of Latent Root and Vector Methods Used in Multivariate Analysis. **Biometrika**, v. 53, p. 325-338, 1966. Disponível em <<http://biomet.oxfordjournals.org/content/53/3-4/325.full.pdf+html>>. Acesso em novembro de 2016

HARMON, Dion; STACEY, Blake; BAR-YAM, Yavni; BAR-YAM, Yaneer. **Networks of Economic Market Interdependence and Systemic Risk**. . Cornell University – ArXiv.org, arXiv:1011.3707, 2010. Disponível em <<https://arxiv.org/pdf/1011.3707.pdf>> Acesso em setembro de 2017.

INSTITUTO B. DE G. E ESTATÍSTICA – **Contas N. Trimestrais – CNT**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?&t=series-historicas>. Acesso em novembro de 2017.

JEGADEESH, Narasimhan; TITMAN, Sheridan. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 1, p. 65-91, 1993.

JONES, Steven T.; BANNING, Kevin. US Elections and Monthly Stock Market Returns. **Journal of Economics and Finance**, v. 33, n. 3, p. 273, 2009.

KASSAMBARA, Alboukadel. **Practical Guide to Cluster Analysis in R: Unsupervised Machine Learning**. STHDA, 2017.

KAMADA, Tomihisa; KAWAI, Satoru. An Algorithm for Drawing General Undirected Graphs. **Information Processing Letters**, v. 31, n. 1, p. 7-15, 1989.

KAUFMAN, Leonard; ROUSSEEUW, Peter J. Partitioning Around Medoids (Program Pam). In: **Finding Groups in Data: an Introduction to Cluster Analysis**, Cap.2 ,p. 68-125, 1990.

KEMP, Malcolm H.D. **Systemic Risk: A Practitioner's Guide to Measurement, Management and Analysis**. Londres: Springer, 2017.

KING, Benjamin F. Market and Industry Factors in Stock Price Behavior. **The Journal of Business**, v. 39, n. 1, p. 139-190, 1966.

KRUSKAL, Joseph B. On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. **Proceedings of the American Mathematical Society**, v. 7, n. 1, p. 48-50, 1956.

LEBLANG, David; MUKHERJEE, Bumba. Presidential Elections and the Stock Market: Comparing Markov-switching and Fractionally Integrated GARCH Models of Volatility. **Political Analysis**, v. 12, n. 3, p. 296-322, 2004.

LEHMANN, Bruce N.; MODEST, David M. The Empirical Foundations of the Arbitrage Pricing Theory. **Journal of Financial Economics**, v. 21, n. 2, p. 213-254, 1988.

LEWELLEN, Jonathan. Momentum and Autocorrelation in Stock Returns. **Review of Financial Studies**, v. 15, n. 2, p. 533-564, 2002.

LINDEN, Ricardo. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v.4 p.18-36, 2009

LINSMEIER, Thomas J; PEARSON, Neil D. Risk Measurement: **An Introduction to Value at Risk**. 1996. Disponível em <<https://www.beanactuary.com/education/specsem/99frmgt/pearson2.pdf>>. Acesso em outubro de 2017.

LINTNER, John. The Valuation of Risk assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. **The Review of Economics and Statistics**, p. 13-37, 1965.

LUCAS JR, Robert E. Asset Prices in an Exchange Economy. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1429-1445, 1978.

MAJAPA, Mohamed; GOSSEL, Sean J. Topology of the South African Stock Market Network Across the 2008 Financial Crisis. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**, 445, pag 35-47. 2016.

MALKIEL, Burton G.; FAMA, Eugene F. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. **The Journal of Finance**, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.

MANTEGNA, Rosario N. Hierarchical Structure in Financial Markets. **The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems**, v. 11, n. 1, p. 193-197, 1999.

_____.; STANLEY, H. Eugene. **Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance**. Cambridge University press, 1999.

MARKOSE, Sheri; GIANANTE, Simone; SHAGHAGHI, Ali Rais. ‘Too Interconnected to Fail’ Financial Network of US CDS Market: Topological Fragility and Systemic Risk. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 83, n. 3, p. 627-646, 2012.

MARKOWITZ, Harry. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MARTI, Gautier; NIELSEN, Frank; BINKOWSKI, Mikolaj; DONNAT, Philippe. **A Review of Two Decades of Correlations, Hierarchies, Networks and Clustering in Financial Markets**. Cornell University – arXiv.org:1703.00485v1, 2017. Disponível em <<https://arxiv.org/abs/1703.00485>>. Acesso em setembro de 2017.

MERTON, Robert C. An Intertemporal Capital Asset Pricing Model. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 867-887, 1973.

MINOIU, Carmelia; SHARMA, Sanjay. IMF Survey: Financial Networks Key to Understanding Systemic Risk. **IMF Research**. 2014. Disponível em <<https://www.imf.org/en/News/Articles/2015/09/28/04/53/sores052314a>>. Acesso em outubro de 2017

MIRANDA, Rodrigo; TABAK, Benjamin. Contagion Risk Within Firm-Bank Bivariate Networks. **Central Bank of Brazil**, Research Department, 2013.

NEFIN - NÚCLEO DE ESTUDOS FINANCEIROS DA USP. **Relatório Semanal de 17 de Outubro de 2016**. Disponível em <http://nefin.com.br/Report/report_17_10_2016.pdf>. Acesso em outubro de 2016.

_____. **Methodology**. Disponível em <<http://nefin.com.br/Methodologia/Methodology.pdf>>. Acesso em novembro de 2016.

NEWMAN, Mark. **Networks: an Introduction**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2010.

NOBI, Ashadun; EUN, Seong E.; HA Gyeong G.; LEE, Jae W. **Network Topologies of Financial Market During the Global Financial Crisis**. Cornell University – arXiv.org, preprint arXiv:1307.6974, 2013. Disponível em <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1307/1307.6974.pdf>>. Acesso em agosto de 2017.

ONNELA, J-P.; CHAKRABORTI, A.; KASKI, K.; KERTÉSZ, J. Dynamics of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis. **Physical Review**. Ed.68. 2003

_____. Dynamic Asset Trees and Black Monday. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**, v. 324, n. 1, p. 247-252, 2003.

PAPENBROCK, Jochen; SCHWENDNER, Peter. Handling Risk-on/Risk-off Dynamics With Correlation Regimes and Correlation Networks. **Financial Markets and Portfolio Management**, v. 29, n. 2, p. 125-147, 2015.

PREIS, Tobias; KENETT, Dror, Y.; STANLEY, H. E.; HELBING, Dirk; BEN-JACOB, Eshel. Quantifying the Behavior of Stock Correlations Under Market Stress. **Scientific Reports**, v. 2 p.2-5, 2012. Disponível em <<http://ssrn.com/abstract=2170038>>. Acesso em outubro de 2016.

PRIM, Robert C. Shortest Connection Networks and Some Generalizations. **Bell System Technical Journal**, v. 36, n. 6, p. 1389-1401, 1957.

RAFFINOT, Thomas. **Hierarchical Clustering Based Asset Allocation**. SSRN 2840729, 2016. Disponível em <<https://ssrn.com/abstract=2840729>>. Acesso em setembro de 2017.

RICCA, Bernardo de Oliveira Guerra. Apreçamento da Assimetria Idiossincrática no **Mercado Brasileiro de Ações**. 2010.

ROSS, Stephen A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. **Journal of Economic Theory**, v. 13, n. 3, p. 341-360, 1976.

SANDOVAL JR., Leonidas. Pruning a Minimum Spanning Tree. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 391, n. 8, p. 2678-2711, 2012.

_____. A Map of the Brazilian Stock. **Advances in Complex Systems**, Vol 15, No 5. 2012.

SANDOVAL JR., Leonidas; FRANCA, Italo De Paula. Correlation of Financial Markets in Times of Crisis. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 391, n. 1, p. 187-208, 2012.

SCHWERT, G. William. Anomalies and Market Efficiency. **Handbook of the Economics of Finance**, v. 1, p. 939-974, 2003.

SCHWEITZER, F., FAGIOLO, G., SORNETTE, D., VEGA-REDONDO, F., VESPIGNANI, A., WHITE, D. Economic Networks: The New Challenges. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 422-425, 2009.

SENSOY, Ahmet; TABAK, Benjamin M. Dynamic Spanning Trees in Stock Market Networks: The Case of Asia-Pacific. **Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications**, v. 414, p. 387-402, 2014.

SHARPE, William F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.

SILVA, Alexander da; BARBOSA, J da Silva; RIBEIRO, Flávio. Comportamento do Volume de Negociações e do Risco de Mercado antes e após os Resultados das Eleições Presidenciais em 2014: Um Estudo com Empresas Brasileiras de Capital Aberto. **Revista Evidenciação Contábil & Finanças**, v. 5, n. 1, p. 39-55, 2017.

STOXX. Euro Stoxx 50® - Corporate Bond Index. <<https://www.stoxx.com/fixedincome>>. Acesso em outubro de 2016.

TAN, Pang-Ning. **Introduction to Data Mining**. India: Pearson Education, 2006. Disponível em <<http://www-users.cs.umn.edu/~kumar/dmbook/index.php>>. Acesso em setembro de 2017.

TABAK, Benjamin M.; SERRA, Thiago R.; CAJUEIRO, Daniel O. Topological Properties of Stock Market Networks: The case of Brazil. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 389, n. 16, p. 3240-3249, 2010.

TIBSHIRANI, Robert; WALTHER, Guenther; HASTIE, Trevor. Estimating the Number of Clusters in a Data set Via the Gap Statistic. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, v. 63, n. 2, p. 411-423, 2001.

TRIBUNAL SUPERIOR ELEITORAL – **Estatísticas Eleitorais de 2014**. Disponível em <<http://www.tse.jus.br/eleitor-e-eleicoes/estatisticas/eleicoes/eleicoes-anteriores/estatisticas-candidaturas-2014/estatisticas-eleitorais-2014-resultados>>. Acesso em novembro de 2017.

TUMMINELLO, Michele; LILLO, Fabrizio; MANTEGNA, Rosario N. Correlation, Hierarchies, and Networks in Financial Markets. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 75, n. 1, p. 40-58, 2010.

VEIGA, A. L.; FERNANDES, C.A.C; BAIDYA, T. Medidas de Volatilidade para Opções. **XXV SBPO/SOBRAPO**, n. 1, p. 185-187, 1993.

WILSON, Robin J. **An Introduction to Graph Theory**. 4 ed. Harlow, Inglaterra: Longman, 1996.

ZHANG, Yiting; GLADYS, Hui T. L.; WONG, Jian C.; KOK, Jun L.; PRUSTY, Manamohan; CHEONG, Siew A. Will the US Economy Recover in 2010? A Minimal Spanning Tree Study. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 390, n. 11, p. 2020-2050, 2011.

ANEXO I

De acordo com os seguintes critérios: (i) ter sido negociado em pelo menos 80% dos dias úteis e (ii) ser a ação mais líquida da empresa, foram selecionados 199 ativos da BOVESPA do período de outubro de 2012 a setembro de 2016. Seguem abaixo:

Tabela do Anexo I - Ativos Eleitos

| Vértice | ID | Empresa | Setor | Subsetor |
|----------------|-----------|----------------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | ABCB4 | ABC BRASIL | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 2 | ALSC3 | ALIANSC | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 3 | ALPA4 | ALPARGATAS | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 4 | ALUP11 | ALUPAR | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 5 | BAZA3 | AMAZONIA | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 6 | ABEV3 | AMBEV S/A | Consumo não Cíclico | Bebidas |
| 7 | ARZZ3 | AREZZO CO | Consumo Cíclico | Comércio |
| 8 | ARTR3 | ARTERIS | Consumo Cíclico | Comércio |
| 9 | ATOM3 | ATOMPAR | Financeiro e Outros | Outros |
| 10 | BTOW3 | B2W DIGITAL | Consumo Cíclico | Comércio |
| 11 | BPAN4 | BANCO PAN | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 12 | BEES3 | BANESTES | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 13 | BRSR6 | BANRISUL | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 14 | BBSE3 | BBSEGURIDADE | Financeiro e Outros | Previdência e Seguros |
| 15 | BVMF3 | BMFBOVESPA | Financeiro e Outros | Serviços Financeiros Diversos |
| 16 | BBRK3 | BR BROKERS | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 17 | BRIN3 | BR INSURANCE | Financeiro e Outros | Previdência e Seguros |
| 18 | BRML3 | BR MALLS PAR | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 19 | BPFA3 | BR PHARMA | Saúde | Comércio e Distribuição |
| 20 | BRPR3 | BR PROPERT | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 21 | BBDC4 | BRADESCO | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 22 | BRAP4 | BRADESPAR | Materiais Básicos | Mineração |
| 23 | BBAS3 | BRASIL | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 24 | AGRO3 | BRASILAGRO | Consumo não Cíclico | Agropecuária |
| 25 | BRKM5 | BRASKEM | Materiais Básicos | Químicos |
| 26 | BRFS3 | BRF SA | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 27 | BBTG11 | BTG PACTUAL | Financeiro e Outros | Serviços Financeiros Diversos |
| 28 | CCRO3 | CCR SA | Utilidade Pública | Água e Saneamento |
| 29 | CCXC3 | CCX CARVAO | Materiais Básicos | Mineração |
| 30 | CLSC4 | CELESC | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 31 | CMIG4 | CEMIG | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 32 | CESP6 | CESP | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 33 | CTIP3 | CETIP | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 34 | HGTX3 | CIA HERING | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 35 | CIEL3 | CIELO | Financeiro e Outros | Serviços Financeiros Diversos |
| 36 | COCE5 | COELCE | Utilidade Pública | Energia Elétrica |

| Vértice | ID | Empresa | Setor | Subsetor |
|----------------|-----------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 37 | CGAS5 | COMGAS | Utilidade Pública | Gás |
| 38 | CSMG3 | COPASA | Utilidade Pública | Água e Saneamento |
| 39 | CPLE6 | COPEL | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 40 | CSAN3 | COSAN | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 41 | CZLT33 | COSAN LTD | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 42 | CPFE3 | CPFL ENERGIA | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 43 | CARD3 | CSU CARDSYST | Bens Industriais | Serviços Diversos |
| 44 | CYRE3 | CYRELA REALT | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 45 | DASA3 | DASA | Saúde | Análises e Diagnósticos |
| 46 | DAYC4 | DAYCOVAL | Saúde | Análises e Diagnósticos |
| 47 | PNVL3 | DIMED | Saúde | Comércio e Distribuição |
| 48 | DIRR3 | DIRECIONAL | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 49 | DAGB33 | DUFRY AG | Consumo Cíclico | Comércio |
| 50 | DTEX3 | DURATEX | Materiais Básicos | Madeira e Papel |
| 51 | ECOR3 | ECORODOVIAS | Bens Industriais | Transporte |
| 52 | ELET6 | ELETROBRAS | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 53 | ELPL4 | ELETROPAULO | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 54 | EMBR3 | EMBRAER | Bens Industriais | Material de Transporte |
| 55 | ENBR3 | ENERGIAS BR | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 56 | ENEV3 | ENEVA | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 57 | EGIE3 | ENGIE BRASIL | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 58 | EQTL3 | EQUATORIAL | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 59 | ESTC3 | ESTACIO PART | Consumo Cíclico | Diversos |
| 60 | ESTR4 | ESTRELA | Consumo Cíclico | Viagens e Lazer |
| 61 | ETER3 | ETERNIT | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 62 | EUCA4 | EUCATEX | Materiais Básicos | Madeira e Papel |
| 63 | EVEN3 | EVEN | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 64 | EZTC3 | EZTEC | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 65 | FHER3 | FER HERINGER | Materiais Básicos | Químicos |
| 66 | FESA4 | FERBASA | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 67 | FIBR3 | FIBRIA | Materiais Básicos | Madeira e Papel |
| 68 | FLRY3 | FLEURY | Saúde | Análises e Diagnósticos |
| 69 | FJTA4 | FORJA TAURUS | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 70 | GFSA3 | GAFISA | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 71 | GSHP3 | GENERALSHOPP | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 72 | GGBR4 | GERDAU | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 73 | GOAU4 | GERDAU MET | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 74 | GOLL4 | GOL | Bens Industriais | Transporte |
| 75 | GPIV33 | GP INVEST | Financeiro e Outros | Serviços Financeiros Diversos |
| 76 | GPCP3 | GPC PART | Materiais Básicos | Químicos |
| 77 | CGRA4 | GRAZZIOTIN | Consumo Cíclico | Comércio |
| 78 | GRND3 | GRENDENE | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 79 | GUAR3 | GUARARAPES | Consumo Cíclico | Comércio |

| Vértice | ID | Empresa | Setor | Subsetor |
|----------------|-----------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 80 | HAGA4 | HAGA S/A | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 81 | HBOR3 | HELBOR | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 82 | HOOT4 | HOTEIS OTHON | Consumo Cíclico | Hoteis e Restaurantes |
| 83 | HYPE3 | HYPERMARCAS | Consumo não Cíclico | Diversos |
| 84 | IDNT3 | IDEIASNET | Tecnologia da Informação | Programas e Serviços |
| 85 | IGBR3 | IGB S/A | Consumo Cíclico | Utilidades Domésticas |
| 86 | IGTA3 | IGUATEMI | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 87 | ROMI3 | INDS ROMI | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 88 | IDVL4 | INDUSVAL | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 89 | INEP4 | INEPAR | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 90 | MYPK3 | IOCHP-MAXION | Consumo Cíclico | Automóveis e Motocicletas |
| 91 | ITSA4 | ITAUSA | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 92 | ITUB4 | ITAUUNIBANCO | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 93 | JBDU4 | J B DUARTE | Financeiro e Outros | Holdings Diversificadas |
| 94 | JBSS3 | JBS | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 95 | JHSF3 | JHSF PART | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 96 | JSLG3 | JSL | Bens Industriais | Transporte |
| 97 | KEPL3 | KEPLER WEBER | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 98 | KLBN4 | KLABIN S/A | Materiais Básicos | Madeira e Papel |
| 99 | KROT3 | KROTON | Consumo Cíclico | Diversos |
| 100 | LLIS3 | LE LIS BLANC | Consumo Cíclico | Comércio |
| 101 | LIGT3 | LIGHT S/A | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 102 | LINX3 | LINX | Tecnologia da Informação | Programas e Serviços |
| 103 | RENT3 | LOCALIZA | Consumo Cíclico | Diversos |
| 104 | LCAM3 | LOCAMERICA | Consumo Cíclico | Diversos |
| 105 | LOGN3 | LOG-IN | Bens Industriais | Transporte |
| 106 | LAME4 | LOJAS AMERIC | Consumo Cíclico | Comércio |
| 107 | AMAR3 | LOJAS MARISA | Consumo Cíclico | Comércio |
| 108 | LREN3 | LOJAS RENNER | Consumo Cíclico | Comércio |
| 109 | LPSB3 | LOPES BRASIL | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 110 | LUPA3 | LUPATECH | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 111 | MDIA3 | M.DIASBRANCO | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 112 | MGLU3 | MAGAZ LUIZA | Consumo Cíclico | Comércio |
| 113 | MAGG3 | MAGNESITA SA | Consumo Cíclico | Comércio |
| 114 | MGEL4 | MANGELS INDL | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 115 | POMO4 | MARCOPOLO | Bens Industriais | Material de Transporte |
| 116 | MRF3 | MARFRIG | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 117 | LEVE3 | METAL LEVE | Consumo Cíclico | Automóveis e Motocicletas |
| 118 | FRIO3 | METALFRIO | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 119 | MILS3 | MILLS | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 120 | BEEF3 | MINERVA | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 121 | MNPR3 | MINUPAR | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 122 | MMXM3 | MMX MINER | Materiais Básicos | Mineração |

| Vértice | ID | Empresa | Setor | Subsetor |
|----------------|-------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 123 | MRVE3 | MRV | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 124 | MULT3 | MULTIPLAN | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 125 | MPLU3 | MULTIPLUS | Consumo Cíclico | Diversos |
| 126 | MNDL3 | MUNDIAL | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 127 | NATU3 | NATURA | Consumo não Cíclico | Produtos de Uso Pessoal e de Limpeza |
| 128 | ODPV3 | ODONTOPREV | Saúde | Análises e Diagnósticos |
| 129 | OGXP3 | OGX PETROLEO | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 130 | OIBR4 | OI | Telecomunicações | Telecomunicações |
| 131 | OSXB3 | OSX BRASIL | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 132 | PCAR4 | P.ACUCAR-CBD | Consumo não Cíclico | Comércio e Distribuição |
| 133 | PRBC4 | PARANA | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 134 | PMAM3 | PARANAPANEMA | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 135 | PDGR3 | PDG REALT | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 136 | RPMG3 | PET MANGUINH | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 137 | PETR4 | PETROBRAS | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 138 | PRI03 | PETRORIO | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 139 | PINE4 | PINE | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 140 | PLAS3 | PLASCAR PART | Consumo Cíclico | Automóveis e Motocicletas |
| 141 | FRTA3 | POMIFRUTAS | Consumo não Cíclico | Agropecuária |
| 142 | PSSA3 | PORTO SEGURO | Financeiro e Outros | Previdência e Seguros |
| 143 | PTBL3 | PORTOBELLO | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 144 | POSI3 | POSITIVO INF | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 145 | PFRM3 | PROFARMA | Saúde | Comércio e Distribuição |
| 146 | PRML3 | PRUMO | Bens Industriais | Transporte |
| 147 | QGEP3 | QGEP PART | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 148 | QUAL3 | QUALICORP | Saúde | Análises e Diagnósticos |
| 149 | RADL3 | RAIADROGASIL | Saúde | Comércio e Distribuição |
| 150 | RAPT4 | RANDON PART | Bens Industriais | Material de Transporte |
| 151 | RCSL4 | RECRUSUL | Bens Industriais | Material de Transporte |
| 152 | RNEW11 | RENOVA | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 153 | RDNI3 | RODOBENSIMOB | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 154 | RSID3 | ROSSI RESID | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 155 | ALLL3+RUMO3 | RUMO LOG | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 156 | SBSP3 | SABESP | Utilidade Pública | Água e Saneamento |
| 157 | SAPR4 | SANEPAR | Utilidade Pública | Água e Saneamento |
| 158 | SANB11 | SANTANDER BR | Financeiro e Outros | Intermediários Financeiros |
| 159 | SCAR3 | SAO CARLOS | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |
| 160 | SMT03 | SAO MARTINHO | Consumo não Cíclico | Alimentos Processados |
| 161 | SLED4 | SARAIVA LIVR | Consumo Cíclico | Comércio |
| 162 | SHUL4 | SCHULZ | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 163 | SNSL3 | SENIOR SOL | Tecnologia da Informação | Programas e Serviços |
| 164 | CSNA3 | SID NACIONAL | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 165 | SSBR3 | SIERRABRASIL | Financeiro e Outros | Exploração de Imóveis |

| Vértice | ID | Empresa | Setor | Subsetor |
|----------------|--------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 166 | SLCE3 | SLC AGRICOLA | Consumo não Cíclico | Agropecuária |
| 167 | SMLE3 | SMILES | Consumo Cíclico | Diversos |
| 168 | ABRE11+SEDU3 | SOMOS EDUCA | Consumo Cíclico | Mídia |
| 169 | SGPS3 | SPRINGS | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 170 | SULA11 | SUL AMERICA | Financeiro e Outros | Previdência e Seguros |
| 171 | SUZB5 | SUZANO PAPEL | Materiais Básicos | Madeira e Papel |
| 172 | TAEE11 | TAESA | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 173 | TRPN3 | TARPON INV | Financeiro e Outros | Serviços Financeiros Diversos |
| 174 | TECN3 | TECHNOS | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 175 | TCSA3 | TECNISA | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 176 | TCNO3 | TECNOSOLO | Bens Industriais | Construção e Engenharia |
| 177 | TGMA3 | TEGMA | Bens Industriais | Transporte |
| 178 | TEKA4 | TEKA | Consumo Cíclico | Tecidos, Vestuário e Calçados |
| 179 | TELB4 | TELEBRAS | Telecomunicações | Telecomunicações |
| 180 | VIVT4 | TELEF BRASIL | Telecomunicações | Telecomunicações |
| 181 | TERI3 | TEREOS | Financeiro e Outros | Outros |
| 182 | TIMP3 | TIM PART S/A | Telecomunicações | Telecomunicações |
| 183 | SHOW3 | TIME FOR FUN | Consumo Cíclico | Viagens e Lazer |
| 184 | TOTS3 | TOTVS | Tecnologia da Informação | Programas e Serviços |
| 185 | TRPL4 | TRAN PAULIST | Utilidade Pública | Energia Elétrica |
| 186 | TRIS3 | TRISUL | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 187 | TPIS3 | TRIUNFO PART | Bens Industriais | Transporte |
| 188 | TUPY3 | TUPY | Bens Industriais | Material de Transporte |
| 189 | UGPA3 | ULTRAPAR | Petróleo, Gás e Biocombustíveis | Petróleo, Gás e Biocombustíveis |
| 190 | UCAS3 | UNICASA | Consumo Cíclico | Utilidades Domésticas |
| 191 | UNIP6 | UNIPAR | Materiais Básicos | Químicos |
| 192 | USIM5 | USIMINAS | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 193 | VAGR3 | V-AGRO | Materiais Básicos | Siderurgia e Metalurgia |
| 194 | VALE5 | VALE | Materiais Básicos | Mineração |
| 195 | VLID3 | VALID | Bens Industriais | Serviços Diversos |
| 196 | VIVR3 | VIVER | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| 197 | WEGE3 | WEG | Bens Industriais | Máquinas e Equipamentos |
| 198 | WHRL4 | WHIRLPOOL | Consumo Cíclico | Utilidades Domésticas |
| 199 | WSON33 | WILSON SONS | Bens Industriais | Transporte |

Fonte: BM&FBOVESPA

ANEXO II

Tabela Anexo II - Estatísticas das Redes Mensais

| Mês | Medidas de Centralização | | | | Distância de Correlação | | | | |
|--------|--------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|------------|----------|----------|-----------|
| | Grau | Prox. | Aut. | Interm. | μ | σ^2 | Curt. | Assim. | Comp. |
| out/12 | 0,02596 | 0,14549 | 0,94836 | 0,72569 | 0,86836 | 0,01350 | 11,70732 | -2,55573 | 167,59261 |
| nov/12 | 0,02100 | 0,13886 | 0,93015 | 0,60210 | 0,82392 | 0,02032 | 2,03859 | -1,12889 | 157,36781 |
| dez/12 | 0,01576 | 0,10155 | 0,92539 | 0,56411 | 0,85238 | 0,00907 | 5,26121 | -1,43326 | 162,80424 |
| jan/13 | 0,02078 | 0,13731 | 0,93506 | 0,61546 | 0,86928 | 0,01666 | 5,69406 | -1,69953 | 167,77152 |
| fev/13 | 0,02067 | 0,09025 | 0,94322 | 0,59361 | 0,82719 | 0,01387 | 9,53946 | -2,30558 | 160,47457 |
| mar/13 | 0,02057 | 0,06679 | 0,94325 | 0,54021 | 0,84297 | 0,01430 | 6,85955 | -1,71269 | 164,37914 |
| abr/13 | 0,03082 | 0,13432 | 0,94629 | 0,65241 | 0,82210 | 0,01993 | 3,33440 | -1,16886 | 160,30940 |
| mai/13 | 0,02530 | 0,11991 | 0,96532 | 0,58914 | 0,84818 | 0,01390 | 3,72340 | -1,26050 | 167,93886 |
| jun/13 | 0,02025 | 0,09746 | 0,90454 | 0,58169 | 0,77524 | 0,01837 | 1,15257 | -0,51927 | 153,49684 |
| jul/13 | 0,03035 | 0,16566 | 0,92389 | 0,67023 | 0,80256 | 0,01642 | 1,44758 | -0,67160 | 158,90702 |
| ago/13 | 0,02530 | 0,12969 | 0,93385 | 0,66393 | 0,83867 | 0,01771 | 3,21825 | -1,05601 | 166,05730 |
| set/13 | 0,02530 | 0,14267 | 0,94423 | 0,61849 | 0,84221 | 0,01845 | 1,05577 | -0,70478 | 166,75662 |
| out/13 | 0,02025 | 0,09355 | 0,94576 | 0,66422 | 0,89792 | 0,01211 | 6,31147 | -1,86355 | 177,78794 |
| nov/13 | 0,03035 | 0,16449 | 0,94876 | 0,76555 | 0,80484 | 0,01721 | 2,34515 | -0,91490 | 159,35837 |
| dez/13 | 0,02530 | 0,10700 | 0,94074 | 0,58094 | 0,80179 | 0,01266 | 1,13796 | -0,60709 | 158,75344 |
| jan/14 | 0,02025 | 0,15112 | 0,92868 | 0,65946 | 0,82973 | 0,01875 | 1,59775 | -1,00553 | 164,28689 |
| fev/14 | 0,02025 | 0,11924 | 0,92322 | 0,52754 | 0,78526 | 0,02002 | 0,27468 | -0,37787 | 155,48150 |
| mar/14 | 0,04551 | 0,19833 | 0,96017 | 0,76340 | 0,77937 | 0,01550 | 0,68806 | -0,46763 | 154,31522 |
| abr/14 | 0,02530 | 0,11454 | 0,93238 | 0,62933 | 0,83021 | 0,01405 | 2,54277 | -0,95427 | 164,38203 |
| mai/14 | 0,02025 | 0,14074 | 0,93822 | 0,60755 | 0,84515 | 0,01585 | 2,47544 | -0,94133 | 167,34016 |
| jun/14 | 0,02025 | 0,16612 | 0,93656 | 0,72906 | 0,82148 | 0,01658 | 3,58159 | -1,44075 | 162,65234 |
| jul/14 | 0,02530 | 0,11093 | 0,93143 | 0,57539 | 0,85889 | 0,01694 | 2,97783 | -1,39034 | 170,06038 |
| ago/14 | 0,02543 | 0,13534 | 0,95331 | 0,58514 | 0,85798 | 0,01401 | 4,17944 | -1,43274 | 169,02243 |
| set/14 | 0,02543 | 0,13674 | 0,95304 | 0,73427 | 0,80152 | 0,02469 | 0,79621 | -0,85388 | 157,89882 |
| out/14 | 0,02530 | 0,12058 | 0,91755 | 0,64350 | 0,71727 | 0,03990 | -0,51243 | -0,11008 | 142,01867 |
| nov/14 | 0,02025 | 0,16610 | 0,94084 | 0,71699 | 0,79535 | 0,02229 | 1,99172 | -0,93147 | 157,48018 |
| dez/14 | 0,02530 | 0,14354 | 0,90990 | 0,59635 | 0,74987 | 0,02444 | 1,64634 | -0,83826 | 148,47359 |
| jan/15 | 0,04045 | 0,17557 | 0,95673 | 0,66364 | 0,79352 | 0,02001 | 1,21819 | -0,81483 | 157,11600 |
| fev/15 | 0,01520 | 0,09932 | 0,94739 | 0,54233 | 0,79511 | 0,01457 | 1,27284 | -0,86442 | 157,43089 |
| mar/15 | 0,02530 | 0,12647 | 0,94723 | 0,56744 | 0,83711 | 0,01818 | 1,38232 | -0,94197 | 165,74767 |
| abr/15 | 0,02025 | 0,13527 | 0,93436 | 0,61961 | 0,85140 | 0,01324 | 3,36125 | -1,22726 | 168,57645 |
| mai/15 | 0,02543 | 0,10126 | 0,95679 | 0,53562 | 0,82976 | 0,01262 | 1,79114 | -1,01231 | 163,46341 |
| jun/15 | 0,01520 | 0,11649 | 0,93981 | 0,64259 | 0,83175 | 0,01318 | 3,08539 | -0,88795 | 164,68745 |
| jul/15 | 0,02530 | 0,14612 | 0,93840 | 0,63982 | 0,87456 | 0,01298 | 2,67924 | -1,13985 | 173,16283 |
| ago/15 | 0,02530 | 0,12232 | 0,90399 | 0,62841 | 0,79470 | 0,01711 | 2,69673 | -0,79715 | 157,35010 |
| set/15 | 0,02025 | 0,12530 | 0,92690 | 0,64578 | 0,81477 | 0,01922 | 0,91456 | -0,59378 | 161,32459 |
| out/15 | 0,02530 | 0,13294 | 0,95257 | 0,60194 | 0,84190 | 0,01541 | 1,18010 | -0,69320 | 166,69610 |
| nov/15 | 0,02025 | 0,10889 | 0,92854 | 0,61712 | 0,79828 | 0,02155 | -0,45737 | -0,47726 | 158,06003 |
| dez/15 | 0,03035 | 0,14678 | 0,96023 | 0,63900 | 0,81294 | 0,01742 | 0,47975 | -0,56401 | 160,96301 |

| | Grau | Prox. | Aut. | Interm. | μ | σ^2 | Curt. | Assim. | Comp. |
|--------|-------------|--------------|-------------|----------------|---------|------------|--------------|---------------|--------------|
| jan/16 | 0,02530 | 0,10263 | 0,96240 | 0,59126 | 0,77991 | 0,01791 | 0,29365 | 0,16308 | 154,42136 |
| fev/16 | 0,02025 | 0,14518 | 0,94693 | 0,76655 | 0,79060 | 0,01952 | 0,76698 | -0,49455 | 156,53928 |
| mar/16 | 0,02530 | 0,15224 | 0,92159 | 0,61255 | 0,80527 | 0,02327 | 0,23488 | -0,59113 | 159,44259 |
| abr/16 | 0,03035 | 0,14401 | 0,92733 | 0,63225 | 0,78577 | 0,02138 | 0,73932 | -0,63181 | 155,58158 |
| mai/16 | 0,03540 | 0,12604 | 0,96370 | 0,67753 | 0,83274 | 0,01541 | 1,98399 | -0,89819 | 164,88297 |
| jun/16 | 0,02530 | 0,14394 | 0,94397 | 0,68635 | 0,81048 | 0,02114 | 1,04153 | -0,70120 | 160,47417 |
| jul/16 | 0,02036 | 0,11261 | 0,93013 | 0,59858 | 0,87026 | 0,01106 | -1,07839 | -0,85524 | 171,44101 |
| ago/16 | 0,02543 | 0,15095 | 0,94072 | 0,70415 | 0,85278 | 0,01534 | 2,64138 | -1,07839 | 167,99782 |
| set/16 | 0,02556 | 0,19360 | 0,94251 | 0,76099 | 0,80078 | 0,02579 | -0,17573 | -0,47225 | 151,93262 |

ANEXO III

Tabela 1 do Anexo III – Links MST Pré

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | ABCB4 | BBDC4 | 1,0520 |
| 2 | ALSC3 | COCE5 | 1,2199 |
| 3 | ALSC3 | HYPE3 | 1,0312 |
| 4 | ALSC3 | MULT3 | 0,8798 |
| 5 | ALSC3 | SSBR3 | 1,1416 |
| 6 | ALSC3 | VLID3 | 1,1975 |
| 7 | ALPA4 | CLSC4 | 1,2609 |
| 8 | ALPA4 | HOOT4 | 1,2841 |
| 9 | ALUP11 | BBDC4 | 1,1915 |
| 10 | ABEV3 | BBDC4 | 1,0821 |
| 11 | ABEV3 | WEGE3 | 1,2147 |
| 12 | ARZZ3 | EVEN3 | 1,1052 |
| 13 | ARZZ3 | MNPR3 | 1,3102 |
| 14 | ARTR3 | CCRO3 | 1,0789 |
| 15 | ATOM3 | INEP4 | 1,3344 |
| 16 | BTOW3 | LAME4 | 1,1810 |
| 17 | BEES3 | ELET6 | 1,3124 |
| 18 | BRSR6 | BBDC4 | 1,0766 |
| 19 | BBSE3 | BVMF3 | 1,1159 |
| 20 | BVMF3 | CYRE3 | 0,9600 |
| 21 | BBRK3 | EVEN3 | 1,1477 |
| 22 | BBRK3 | LPSB3 | 1,1385 |
| 23 | BRIN3 | CYRE3 | 1,3111 |
| 24 | BRML3 | BRPR3 | 0,9041 |
| 25 | BRML3 | CCRO3 | 0,9789 |
| 26 | BRML3 | IGTA3 | 0,8942 |
| 27 | BRML3 | LREN3 | 0,9739 |
| 28 | BRML3 | MULT3 | 0,8299 |
| 29 | BPHA3 | EVEN3 | 1,2922 |
| 30 | ALPA4 | BBDC4 | 1,1312 |
| 31 | BRML3 | BBDC4 | 0,9770 |
| 32 | BBDC4 | BBTG11 | 1,0078 |
| 33 | BBDC4 | CPFE3 | 0,9796 |
| 34 | BBDC4 | ITUB4 | 0,4858 |
| 35 | BBDC4 | PETR4 | 0,8456 |
| 36 | BBDC4 | PINE4 | 1,1714 |
| 37 | BRAP4 | CSNA3 | 0,9096 |
| 38 | BRAP4 | VALE5 | 0,4284 |
| 39 | BBAS3 | ITSA4 | 0,8027 |
| 40 | BRKM5 | GGBR4 | 1,0622 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 41 | BRKM5 | KLBN4 | 1,1379 |
| 42 | BBDC4 | BRFS3 | 1,1106 |
| 43 | BBTG11 | MILS3 | 1,1301 |
| 44 | BBTG11 | POS3 | 1,2051 |
| 45 | CCRO3 | ECOR3 | 0,8430 |
| 46 | CCRO3 | KROT3 | 1,1280 |
| 47 | CCXC3 | OSXB3 | 1,2410 |
| 48 | CMIG4 | LIGT3 | 0,9784 |
| 49 | CESP6 | CPLE6 | 1,0186 |
| 50 | AGRO3 | CTIP3 | 1,3048 |
| 51 | CTIP3 | CYRE3 | 1,0466 |
| 52 | HGTX3 | LREN3 | 0,9969 |
| 53 | CIEL3 | UGPA3 | 1,1224 |
| 54 | COCE5 | CGAS5 | 1,2267 |
| 55 | CSMG3 | SBSP3 | 1,0881 |
| 56 | CPLE6 | CPFE3 | 0,9379 |
| 57 | CPLE6 | TRPL4 | 1,1365 |
| 58 | CSAN3 | CZLT33 | 0,7490 |
| 59 | CSAN3 | SMTO3 | 1,1786 |
| 60 | CSAN3 | UGPA3 | 1,0633 |
| 61 | CZLT33 | MPLU3 | 1,2491 |
| 62 | CPFE3 | ELET6 | 1,0905 |
| 63 | CPFE3 | ENBR3 | 0,9429 |
| 64 | CPFE3 | EGIE3 | 0,9652 |
| 65 | CPFE3 | JBSS3 | 1,0559 |
| 66 | CPFE3 | LIGT3 | 0,9704 |
| 67 | CPFE3 | TAAE11 | 1,1778 |
| 68 | CARD3 | HYPE3 | 1,2606 |
| 69 | CYRE3 | EVEN3 | 0,8351 |
| 70 | CYRE3 | MRVE3 | 0,9551 |
| 71 | CYRE3 | ALLL3+RUMO3 | 1,1106 |
| 72 | DASA3 | MRVE3 | 1,1985 |
| 73 | DAYC4 | PINE4 | 1,1712 |
| 74 | PNVL3 | USIM5 | 1,2793 |
| 75 | DIRR3 | EVEN3 | 1,0156 |
| 76 | DAGB33 | EMBR3 | 1,2255 |
| 77 | CYRE3 | DTEX3 | 1,0316 |
| 78 | ELET6 | EUCA4 | 1,2476 |
| 79 | ELPL4 | RSID3 | 1,0693 |
| 80 | EMBR3 | FIBR3 | 1,1618 |
| 81 | CPFE3 | EQTL3 | 1,0423 |
| 82 | EQTL3 | UCAS3 | 1,2863 |
| 83 | ESTC3 | KROT3 | 0,9990 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|--------------|------------|
| 84 | ESTC3 | ABRE11+SEDU3 | 1,2033 |
| 85 | ETER3 | RSID3 | 1,2183 |
| 86 | EUCA4 | RPMG3 | 1,3147 |
| 87 | BPAN4 | EVEN3 | 1,1731 |
| 88 | EVEN3 | EZTC3 | 0,8999 |
| 89 | EVEN3 | HBOR3 | 1,0390 |
| 90 | EVEN3 | RAPT4 | 1,0802 |
| 91 | EVEN3 | RDNI3 | 1,2186 |
| 92 | EVEN3 | RSID3 | 0,9568 |
| 93 | EVEN3 | TCSA3 | 0,9425 |
| 94 | EVEN3 | TGMA3 | 1,2146 |
| 95 | EZTC3 | GRND3 | 1,1574 |
| 96 | EZTC3 | KEPL3 | 1,2916 |
| 97 | FHER3 | PFRM3 | 1,2741 |
| 98 | EZTC3 | FESA4 | 1,2518 |
| 99 | FIBR3 | SUZB5 | 0,7367 |
| 100 | FLRY3 | ABRE11+SEDU3 | 1,2731 |
| 101 | GFS3A3 | RSID3 | 0,9425 |
| 102 | GFS3A3 | TPIS3 | 1,2355 |
| 103 | BBDC4 | GSHP3 | 1,2347 |
| 104 | FIBR3 | GGBR4 | 1,0919 |
| 105 | GGBR4 | GOAU4 | 0,3380 |
| 106 | GGBR4 | CSNA3 | 0,9060 |
| 107 | ENEV3 | GOAU4 | 1,2604 |
| 108 | GOAU4 | TUPY3 | 1,2770 |
| 109 | GPCP3 | MNDL3 | 1,3111 |
| 110 | BBAS3 | CGRA4 | 1,2561 |
| 111 | GUAR3 | ITSA4 | 1,2025 |
| 112 | GUAR3 | PRBC4 | 1,2918 |
| 113 | BAZA3 | HBOR3 | 1,2947 |
| 114 | GPIV33 | HYPE3 | 1,2590 |
| 115 | IDNT3 | QGEP3 | 1,2868 |
| 116 | IGBR3 | ALLL3+RUMO3 | 1,3167 |
| 117 | ROMI3 | SAPR4 | 1,3019 |
| 118 | IDVL4 | LUPA3 | 1,3325 |
| 119 | INEP4 | TCNO3 | 1,2980 |
| 120 | MYPK3 | RAPT4 | 1,0620 |
| 121 | BVMF3 | ITSA4 | 0,8670 |
| 122 | CSAN3 | ITSA4 | 1,0167 |
| 123 | ITSA4 | ITUB4 | 0,2787 |
| 124 | ITSA4 | QUAL3 | 1,1575 |
| 125 | ITSA4 | SANB11 | 1,0701 |
| 126 | ITUB4 | PSSA3 | 1,1292 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 127 | JHSF3 | MULT3 | 1,1169 |
| 128 | JHSF3 | SHOW3 | 1,2483 |
| 129 | JHSF3 | TOTS3 | 1,2064 |
| 130 | CYRE3 | JSLG3 | 1,2066 |
| 131 | BRML3 | LLIS3 | 1,2430 |
| 132 | LLIS3 | MGEL4 | 1,3011 |
| 133 | LINX3 | VLID3 | 1,2787 |
| 134 | RENT3 | LREN3 | 1,0400 |
| 135 | LCAM3 | PINE4 | 1,2977 |
| 136 | LAME4 | LREN3 | 0,8617 |
| 137 | LAME4 | PCAR4 | 1,0612 |
| 138 | HGTX3 | AMAR3 | 1,1059 |
| 139 | LREN3 | MGLU3 | 1,1609 |
| 140 | HYPE3 | MDIA3 | 1,2407 |
| 141 | EVEN3 | MAGG3 | 1,2084 |
| 142 | POMO4 | RAPT4 | 1,0587 |
| 143 | BVMF3 | MRFG3 | 1,1462 |
| 144 | EZTC3 | LEVE3 | 1,2196 |
| 145 | CSAN3 | FRIO3 | 1,3042 |
| 146 | BEEF3 | SUZB5 | 1,1949 |
| 147 | MMXM3 | PRML3 | 0,9972 |
| 148 | MPLU3 | SMLE3 | 1,2274 |
| 149 | MPLU3 | WSON33 | 1,2918 |
| 150 | LREN3 | NATU3 | 1,0897 |
| 151 | MNDL3 | ODPV3 | 1,2887 |
| 152 | ODPV3 | TOTS3 | 1,2563 |
| 153 | OGXP3 | OSXB3 | 1,1247 |
| 154 | OGXP3 | PRML3 | 1,1524 |
| 155 | OIBR4 | RSID3 | 1,1419 |
| 156 | PDGR3 | PRML3 | 1,0878 |
| 157 | PDGR3 | RSID3 | 0,8814 |
| 158 | BRAP4 | PETR4 | 1,0662 |
| 159 | GOLL4 | PETR4 | 1,0901 |
| 160 | PLAS3 | TEKA4 | 1,3078 |
| 161 | CZLT33 | FRTA3 | 1,2862 |
| 162 | PSSA3 | SULA11 | 1,1141 |
| 163 | EVEN3 | PTBL3 | 1,2486 |
| 164 | PRIO3 | PRML3 | 1,2917 |
| 165 | ITSA4 | QGEP3 | 1,1081 |
| 166 | LAME4 | RADL3 | 1,2159 |
| 167 | RAPT4 | SNSL3 | 1,2736 |
| 168 | RCSL4 | VIVT4 | 1,2923 |
| 169 | RNEW11 | SHOW3 | 1,2701 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 170 | INEP4 | RSID3 | 1,2874 |
| 171 | RSID3 | VAGR3 | 1,1400 |
| 172 | BVMF3 | SBSP3 | 1,0866 |
| 173 | PETR4 | SAPR4 | 1,2291 |
| 174 | GFS3 | SCAR3 | 1,2090 |
| 175 | GFS3 | SLED4 | 1,2253 |
| 176 | GUAR3 | SHUL4 | 1,3152 |
| 177 | CSNA3 | USIM5 | 0,8328 |
| 178 | GOLL4 | SLCE3 | 1,2798 |
| 179 | SGPS3 | TCSA3 | 1,2941 |
| 180 | JBDU4 | SULA11 | 1,3160 |
| 181 | FJTA4 | SUZB5 | 1,2862 |
| 182 | ITUB4 | TRPN3 | 1,2801 |
| 183 | ALSC3 | TECN3 | 1,1801 |
| 184 | FHER3 | TCSA3 | 1,2029 |
| 185 | LOGN3 | TCSA3 | 1,2224 |
| 186 | PLAS3 | TCSA3 | 1,3031 |
| 187 | GFS3 | TELB4 | 1,2725 |
| 188 | CYRE3 | VIVT4 | 1,1351 |
| 189 | HAGA4 | VIVT4 | 1,3116 |
| 190 | VIVT4 | TIMP3 | 1,0143 |
| 191 | ESTR4 | TERI3 | 1,2984 |
| 192 | PETR4 | TERI3 | 1,2343 |
| 193 | LUPA3 | TRPL4 | 1,3061 |
| 194 | EZTC3 | TRIS3 | 1,2576 |
| 195 | DTEX3 | UNIP6 | 1,2289 |
| 196 | PMAM3 | VALE5 | 1,1824 |
| 197 | MRF3 | VIVR3 | 1,3020 |
| 198 | ITSA4 | WHRL4 | 1,2752 |

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 2 do Anexo III – Medidas de Centralidade Pré

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----------|-------------|----|--------------------|--------|----------------------|---------|------------------|--------|
| 1 | EVEN3 | 15 | BBDC4 | 0,2215 | BBDC4 | 0,69050 | EVEN3 | 0,7088 |
| 2 | BBDC4 | 13 | ITUB4 | 0,2207 | ITSA4 | 0,58100 | RSID3 | 0,2061 |
| 3 | ITSA4 | 9 | ITSA4 | 0,2176 | ITUB4 | 0,52160 | CYRE3 | 0,2042 |
| 4 | CYRE3 | 9 | BVMF3 | 0,2052 | CYRE3 | 0,48400 | EZTC3 | 0,1698 |
| 5 | CPFE3 | 9 | BRML3 | 0,1958 | BVMF3 | 0,47970 | TCSA3 | 0,1648 |
| 6 | RSID3 | 8 | CYRE3 | 0,1919 | EVEN3 | 0,43020 | RAPT4 | 0,1590 |
| 7 | BRML3 | 7 | PETR4 | 0,1898 | BRML3 | 0,35180 | BPHA3 | 0,1552 |
| 8 | LREN3 | 6 | CPFE3 | 0,1873 | PETR4 | 0,22030 | PTBL3 | 0,1499 |
| 9 | ALSC3 | 6 | ALPA4 | 0,1822 | RSID3 | 0,18140 | BBRK3 | 0,1469 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|----|--------|---|-------------|--------|---------------|---------|-------------|--------|
| | | | | | | | | |
| 10 | EZTC3 | 6 | BBTG11 | 0,1822 | MULT3 | 0,17010 | RDNI3 | 0,1463 |
| 11 | BVMF3 | 5 | PINE4 | 0,1822 | CPFE3 | 0,16380 | TGMA3 | 0,1458 |
| 12 | TCSA3 | 5 | ABEV3 | 0,1818 | BRAP4 | 0,15930 | MAGG3 | 0,1451 |
| 13 | CSAN3 | 5 | CSAN3 | 0,1818 | CSNA3 | 0,13330 | ARZZ3 | 0,1445 |
| 14 | GFS3A3 | 5 | PSSA3 | 0,1817 | GGBR4 | 0,10730 | BPAN4 | 0,1409 |
| 15 | PETR4 | 5 | BRSR6 | 0,1815 | ALSC3 | 0,09830 | HBOR3 | 0,1356 |
| 16 | CCRO3 | 4 | BRFS3 | 0,1815 | LREN3 | 0,08870 | DIRR3 | 0,1219 |
| 17 | LAME4 | 4 | ABCB4 | 0,1815 | CSAN3 | 0,08850 | INEP4 | 0,0892 |
| 18 | ITUB4 | 4 | ALUP11 | 0,1815 | TCSA3 | 0,05970 | VIVT4 | 0,0824 |
| 19 | VIVT4 | 4 | GSHP3 | 0,1815 | CCRO3 | 0,05950 | GFS3A3 | 0,0769 |
| 20 | HYPE3 | 4 | TRPN3 | 0,181 | JHSF3 | 0,05950 | BRIN3 | 0,0752 |
| 21 | RAPT4 | 4 | GUAR3 | 0,1795 | PDGR3 | 0,05910 | BVMF3 | 0,0735 |
| 22 | PRML3 | 4 | BBAS3 | 0,1792 | EZTC3 | 0,05000 | ETER3 | 0,0705 |
| 23 | GGBR4 | 4 | QGEP3 | 0,1792 | PRML3 | 0,04980 | ALLL3+RUMO3 | 0,0694 |
| 24 | ALPA4 | 3 | WHRL4 | 0,1789 | FIBR3 | 0,04980 | JSLG3 | 0,0692 |
| 25 | MPLU3 | 3 | SANB11 | 0,1789 | GFS3A3 | 0,04010 | OIBR4 | 0,0661 |
| 26 | MULT3 | 3 | QUAL3 | 0,1789 | CZLT33 | 0,03990 | VAGR3 | 0,066 |
| 27 | BBTG11 | 3 | EVEN3 | 0,1754 | CPL6E | 0,03990 | PLAS3 | 0,0656 |
| 28 | ELET6 | 3 | MRF3G | 0,1707 | LAME4 | 0,03010 | CTIP3 | 0,0653 |
| 29 | JHSF3 | 3 | SBS3P | 0,1707 | VIVT4 | 0,03010 | DTEX3 | 0,0637 |
| 30 | BRAP4 | 3 | BBSE3 | 0,1704 | HYPE3 | 0,03010 | ELPL4 | 0,0619 |
| 31 | INEP4 | 3 | MULT3 | 0,1689 | RAPT4 | 0,03010 | KEPL3 | 0,0616 |
| 32 | SUZB5 | 3 | LREN3 | 0,1664 | ELET6 | 0,03010 | FHER3 | 0,0603 |
| 33 | CZLT33 | 3 | CCRO3 | 0,1656 | KROT3 | 0,03000 | TRIS3 | 0,06 |
| 34 | CSNA3 | 3 | LLIS3 | 0,1642 | TOTS3 | 0,03000 | SGPS3 | 0,0599 |
| 35 | CPL6E | 3 | BRAP4 | 0,1642 | ALPA4 | 0,02020 | FESA4 | 0,0597 |
| 36 | GUAR3 | 3 | IGTA3 | 0,1639 | MPLU3 | 0,02020 | MRVE3 | 0,0588 |
| 37 | GOAU4 | 3 | BRPR3 | 0,1639 | BBTG11 | 0,02020 | LEVE3 | 0,0582 |
| 38 | PINE4 | 3 | VIVT4 | 0,1619 | INEP4 | 0,02020 | SNSL3 | 0,0569 |
| 39 | FIBR3 | 3 | MRVE3 | 0,1614 | SUZB5 | 0,02020 | LOGN3 | 0,0566 |
| 40 | TOTS3 | 2 | DTEX3 | 0,1614 | GUAR3 | 0,02020 | GRND3 | 0,0552 |
| 41 | MNDL3 | 2 | ALLL3+RUMO3 | 0,1614 | GOAU4 | 0,02020 | PDGR3 | 0,0548 |
| 42 | EUCA4 | 2 | CTIP3 | 0,1614 | PINE4 | 0,02020 | MNPR3 | 0,0532 |
| 43 | ARZZ3 | 2 | JSLG3 | 0,1611 | ESTC3 | 0,02010 | BAZA3 | 0,0493 |
| 44 | MRVE3 | 2 | BRIN3 | 0,1611 | TRPL4 | 0,02010 | MYPK3 | 0,0474 |
| 45 | ESTC3 | 2 | TERI3 | 0,1599 | PSSA3 | 0,02010 | POMO4 | 0,0473 |
| 46 | EQTL3 | 2 | SAPR4 | 0,1599 | OGXP3 | 0,02010 | LPSB3 | 0,047 |
| 47 | MRF3G | 2 | GOLL4 | 0,1599 | ODPV3 | 0,02010 | ATOM3 | 0,0202 |
| 48 | LUPA3 | 2 | CPL6E | 0,1589 | MNDL3 | 0,01010 | TCNO3 | 0,0196 |
| 49 | EMBR3 | 2 | ELET6 | 0,1587 | ARZZ3 | 0,01010 | ITSA4 | 0,0194 |
| 50 | ABEV3 | 2 | EQTL3 | 0,1581 | EUCA4 | 0,01010 | HAGA4 | 0,0183 |
| 51 | BRKM5 | 2 | LIGT3 | 0,1581 | MRVE3 | 0,01010 | RCSL4 | 0,018 |
| 52 | DTEX3 | 2 | EGIE3 | 0,1579 | EQTL3 | 0,01010 | TELB4 | 0,0166 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|----|--------------|---|-------------|--------|---------------|---------|-----------|--------|
| | | | | | | | | |
| 53 | LIGT3 | 2 | ENBR3 | 0,1579 | MRF3 | 0,01010 | TPIS3 | 0,0161 |
| 54 | LLIS3 | 2 | JBSS3 | 0,1579 | LUPA3 | 0,01010 | SLED4 | 0,016 |
| 55 | KROT3 | 2 | TAE11 | 0,1579 | EMBR3 | 0,01010 | SCAR3 | 0,0157 |
| 56 | VLID3 | 2 | CZLT33 | 0,1549 | ABEV3 | 0,01010 | MRF3 | 0,0155 |
| 57 | VALE5 | 2 | CLSC4 | 0,1542 | BRKM5 | 0,01010 | IGBR3 | 0,0155 |
| 58 | USIM5 | 2 | MIL3 | 0,1542 | DTEX3 | 0,01010 | TEKA4 | 0,0145 |
| 59 | UGPA3 | 2 | LCAM3 | 0,1542 | LIGT3 | 0,01010 | AGRO3 | 0,0144 |
| 60 | BBAS3 | 2 | UGPA3 | 0,1542 | LLIS3 | 0,01010 | SBSP3 | 0,0143 |
| 61 | TRPL4 | 2 | DAYC4 | 0,1542 | VLID3 | 0,01010 | TIMP3 | 0,0142 |
| 62 | SHOW3 | 2 | HOOT4 | 0,1542 | VALE5 | 0,01010 | BBSE3 | 0,0139 |
| 63 | TERI3 | 2 | POSI3 | 0,1542 | USIM5 | 0,01010 | UNIP6 | 0,0133 |
| 64 | SULA11 | 2 | SULA11 | 0,1541 | UGPA3 | 0,01010 | PFRM3 | 0,013 |
| 65 | ABRE11+SEDU3 | 2 | FRIO3 | 0,154 | BBAS3 | 0,01010 | PRML3 | 0,0125 |
| 66 | HBOR3 | 2 | WEGE3 | 0,154 | SHOW3 | 0,01010 | DASA3 | 0,0119 |
| 67 | SAPR4 | 2 | SMT03 | 0,154 | TERI3 | 0,01010 | GUAR3 | 0,0078 |
| 68 | SBSP3 | 2 | RSID3 | 0,1537 | SULA11 | 0,01010 | CSAN3 | 0,0072 |
| 69 | ALLL3+RUMO3 | 2 | SHUL4 | 0,1523 | ABRE11+SEDU3 | 0,01010 | WHRL4 | 0,0069 |
| 70 | OSXB3 | 2 | PRBC4 | 0,1523 | HBOR3 | 0,01010 | QGEP3 | 0,0065 |
| 71 | GOLL4 | 2 | IDNT3 | 0,1521 | SAPR4 | 0,01010 | QUAL3 | 0,0063 |
| 72 | QGEP3 | 2 | CGRA4 | 0,1521 | SBSP3 | 0,01010 | SANB11 | 0,0058 |
| 73 | ODPV3 | 2 | TCSA3 | 0,1507 | ALLL3+RUMO3 | 0,01010 | VIVR3 | 0,0057 |
| 74 | COCE5 | 2 | EZTC3 | 0,1505 | GOLL4 | 0,01010 | BBAS3 | 0,0047 |
| 75 | PSSA3 | 2 | RAPT4 | 0,15 | QGEP3 | 0,01010 | PRIO3 | 0,0045 |
| 76 | PLAS3 | 2 | ARZZ3 | 0,1495 | COCE5 | 0,01010 | CSMG3 | 0,0044 |
| 77 | HGTX3 | 2 | HBOR3 | 0,1495 | PLAS3 | 0,01010 | OGXP3 | 0,0043 |
| 78 | CTIP3 | 2 | BBRK3 | 0,1495 | HGTX3 | 0,01010 | MMXM3 | 0,0035 |
| 79 | PDGR3 | 2 | MAGG3 | 0,1493 | BBRK3 | 0,01010 | ITUB4 | 0,0019 |
| 80 | BBRK3 | 2 | DIRR3 | 0,1493 | CTIP3 | 0,01010 | SHUL4 | 0,0017 |
| 81 | FHER3 | 2 | BPAN4 | 0,1493 | FHER3 | 0,01010 | PRBC4 | 0,0017 |
| 82 | OGXP3 | 2 | TGMA3 | 0,1493 | OSXB3 | 0,01010 | FRIO3 | 0,0016 |
| 83 | FRIO3 | 1 | BPHA3 | 0,1493 | FRIO3 | 0,00000 | SMT03 | 0,0014 |
| 84 | LEVE3 | 1 | RDNI3 | 0,1493 | LEVE3 | 0,00000 | IDNT3 | 0,0014 |
| 85 | VAGR3 | 1 | PTBL3 | 0,1493 | KEPL3 | 0,00000 | UGPA3 | 0,0014 |
| 86 | POMO4 | 1 | ALSC3 | 0,1468 | POMO4 | 0,00000 | CZLT33 | 0,0011 |
| 87 | MGEL4 | 1 | VIVR3 | 0,1459 | MGEL4 | 0,00000 | CGRA4 | 0,001 |
| 88 | MAGG3 | 1 | JHSF3 | 0,1459 | MAGG3 | 0,00000 | OSXB3 | 0,0009 |
| 89 | MGLU3 | 1 | CSMG3 | 0,1459 | MGLU3 | 0,00000 | BBDC4 | 0,0007 |
| 90 | MDIA3 | 1 | CSNA3 | 0,144 | MDIA3 | 0,00000 | MPLU3 | 0,0005 |
| 91 | ENBR3 | 1 | LAME4 | 0,1434 | ENBR3 | 0,00000 | CIEL3 | 0,0004 |
| 92 | LPSB3 | 1 | HGTX3 | 0,143 | LPSB3 | 0,00000 | TRPN3 | 0,0004 |
| 93 | BRSR6 | 1 | NATU3 | 0,1428 | BRSR6 | 0,00000 | FRTA3 | 0,0004 |
| 94 | AMAR3 | 1 | MGLU3 | 0,1428 | AMAR3 | 0,00000 | PSSA3 | 0,0004 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----------|-------------|---|--------------------|--------|----------------------|---------|------------------|--------|
| 95 | ELPL4 | 1 | RENT3 | 0,1428 | ELPL4 | 0,00000 | CCXC3 | 0,0003 |
| 96 | LOGN3 | 1 | KROT3 | 0,1428 | LOGN3 | 0,00000 | CPFE3 | 0,0003 |
| 97 | LCAM3 | 1 | ECOR3 | 0,1421 | LCAM3 | 0,00000 | BRML3 | 0,0003 |
| 98 | RENT3 | 1 | ARTR3 | 0,1421 | RENT3 | 0,00000 | PINE4 | 0,0003 |
| 99 | LINX3 | 1 | VALE5 | 0,1413 | LINX3 | 0,00000 | ALPA4 | 0,0002 |
| 100 | BEES3 | 1 | MGEL4 | 0,1411 | TRPN3 | 0,00000 | GSHP3 | 0,0002 |
| 101 | RNEW11 | 1 | TIMP3 | 0,1394 | ATOM3 | 0,00000 | ALUP11 | 0,0002 |
| 102 | DAGB33 | 1 | HAGA4 | 0,1394 | DAGB33 | 0,00000 | PETR4 | 0,0002 |
| 103 | KLBN4 | 1 | RCSL4 | 0,1394 | KLBN4 | 0,00000 | ABEV3 | 0,0002 |
| 104 | RADL3 | 1 | UNIP6 | 0,139 | BEES3 | 0,00000 | BBTG11 | 0,0002 |
| 105 | QUAL3 | 1 | DASA3 | 0,139 | PTBL3 | 0,00000 | BRFS3 | 0,0002 |
| 106 | PNVL3 | 1 | IGBR3 | 0,139 | PNVL3 | 0,00000 | BRSR6 | 0,0002 |
| 107 | WEGE3 | 1 | AGRO3 | 0,139 | JSLG3 | 0,00000 | ABCB4 | 0,0002 |
| 108 | JBDU4 | 1 | ESTR4 | 0,138 | JBDU4 | 0,00000 | SULA11 | 0,0001 |
| 109 | TAE11 | 1 | ROMI3 | 0,138 | TCNO3 | 0,00000 | WSON33 | 0,0001 |
| 110 | JBSS3 | 1 | SLCE3 | 0,138 | WSON33 | 0,00000 | SMLE3 | 0,0001 |
| 111 | TEKA4 | 1 | TRPL4 | 0,1376 | TAE11 | 0,00000 | ELET6 | 0,0001 |
| 112 | BPAN4 | 1 | EUCA4 | 0,1372 | BPAN4 | 0,00000 | TAE11 | 0,0001 |
| 113 | IDVL4 | 1 | CESP6 | 0,1372 | IDVL4 | 0,00000 | EQTL3 | 0,0001 |
| 114 | CARD3 | 1 | BEES3 | 0,137 | CARD3 | 0,00000 | LLIS3 | 0,0001 |
| 115 | IGTA3 | 1 | CMIG4 | 0,1366 | IGTA3 | 0,00000 | LREN3 | 0,0001 |
| 116 | WHRL4 | 1 | UCAS3 | 0,1366 | TPIS3 | 0,00000 | CPLE6 | 0,0001 |
| 117 | DASA3 | 1 | MPLU3 | 0,1346 | TECN3 | 0,00000 | JBSS3 | 0,0001 |
| 118 | DIRR3 | 1 | PDGR3 | 0,1344 | UCAS3 | 0,00000 | LCAM3 | 0,0001 |
| 119 | UNIP6 | 1 | FRTA3 | 0,1342 | BRPR3 | 0,00000 | LIGT3 | 0,0001 |
| 120 | BRPR3 | 1 | GFSA3 | 0,1341 | WHRL4 | 0,00000 | HOOT4 | 0,0001 |
| 121 | HAGA4 | 1 | INEP4 | 0,1337 | HAGA4 | 0,00000 | CLSC4 | 0,0001 |
| 122 | ATOM3 | 1 | CIEL3 | 0,1337 | ALUP11 | 0,00000 | EGIE3 | 0,0001 |
| 123 | TELB4 | 1 | JBDU4 | 0,1336 | ROMI3 | 0,00000 | CCRO3 | 0,0001 |
| 124 | BPHA3 | 1 | ETER3 | 0,1333 | BPHA3 | 0,00000 | DAYC4 | 0 |
| 125 | GPCP3 | 1 | ELPL4 | 0,1333 | GPCP3 | 0,00000 | ENBR3 | 0 |
| 126 | CGAS5 | 1 | VAGR3 | 0,1333 | CGAS5 | 0,00000 | TERI3 | 0 |
| 127 | ALUP11 | 1 | OIBR4 | 0,1333 | VAGR3 | 0,00000 | SAPR4 | 0 |
| 128 | PMAM3 | 1 | PLAS3 | 0,1312 | TGMA3 | 0,00000 | WEGE3 | 0 |
| 129 | VIVR3 | 1 | FHER3 | 0,1312 | OIBR4 | 0,00000 | POSI3 | 0 |
| 130 | BRIN3 | 1 | SGPS3 | 0,131 | ARTR3 | 0,00000 | GOLL4 | 0 |
| 131 | TUPY3 | 1 | LOGN3 | 0,131 | TEKA4 | 0,00000 | MULT3 | 0 |
| 132 | KEPL3 | 1 | LEVE3 | 0,1309 | BRIN3 | 0,00000 | BRAP4 | 0 |
| 133 | JSLG3 | 1 | TRIS3 | 0,1309 | TELB4 | 0,00000 | MILS3 | 0 |
| 134 | SSBR3 | 1 | KEPL3 | 0,1309 | GRND3 | 0,00000 | BRPR3 | 0 |
| 135 | FESA4 | 1 | GRND3 | 0,1309 | FESA4 | 0,00000 | IGTA3 | 0 |
| 136 | UCAS3 | 1 | FESA4 | 0,1309 | IDNT3 | 0,00000 | JBDU4 | 0 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----|--------|---|-------------|--------|---------------|---------|-----------|---|
| | | | | | | | | |
| 137 | TCNO3 | 1 | POMO4 | 0,1305 | ABCB4 | 0,00000 | EUCA4 | 0 |
| 138 | TGMA3 | 1 | MYPK3 | 0,1305 | JBSS3 | 0,00000 | BEES3 | 0 |
| 139 | TRPN3 | 1 | SNSL3 | 0,1305 | HOOT4 | 0,00000 | MGEL4 | 0 |
| 140 | CLSC4 | 1 | LPSB3 | 0,1302 | CLSC4 | 0,00000 | UCAS3 | 0 |
| 141 | ESTR4 | 1 | MNPR3 | 0,1302 | ESTR4 | 0,00000 | TRPL4 | 0 |
| 142 | CCXC3 | 1 | BAZA3 | 0,1302 | CCXC3 | 0,00000 | MGLU3 | 0 |
| 143 | SANB11 | 1 | HYPE3 | 0,1286 | SLCE3 | 0,00000 | NATU3 | 0 |
| 144 | EGIE3 | 1 | VLID3 | 0,1282 | EGIE3 | 0,00000 | ESTR4 | 0 |
| 145 | ENEV3 | 1 | COCE5 | 0,1282 | ENEV3 | 0,00000 | ROMI3 | 0 |
| 146 | ABCB4 | 1 | TECN3 | 0,1281 | TIMP3 | 0,00000 | LAME4 | 0 |
| 147 | ROMI3 | 1 | SSBR3 | 0,1281 | SGPS3 | 0,00000 | HGTX3 | 0 |
| 148 | BRFS3 | 1 | TOTS3 | 0,1279 | BRFS3 | 0,00000 | RENT3 | 0 |
| 149 | DAYC4 | 1 | GGBR4 | 0,1277 | UNIP6 | 0,00000 | KROT3 | 0 |
| 150 | ECOR3 | 1 | SHOW3 | 0,1276 | ECOR3 | 0,00000 | CESP6 | 0 |
| 151 | RCSL4 | 1 | USIM5 | 0,1261 | PFRM3 | 0,00000 | ALSC3 | 0 |
| 152 | AGRO3 | 1 | RADL3 | 0,1255 | AGRO3 | 0,00000 | JHSF3 | 0 |
| 153 | TPIS3 | 1 | BTOW3 | 0,1255 | GSHP3 | 0,00000 | SLCE3 | 0 |
| 154 | TRIS3 | 1 | PCAR4 | 0,1255 | BTOW3 | 0,00000 | ARTR3 | 0 |
| 155 | IDNT3 | 1 | ESTC3 | 0,1253 | SNSL3 | 0,00000 | CMIG4 | 0 |
| 156 | GSHP3 | 1 | AMAR3 | 0,1252 | CGRA4 | 0,00000 | ECOR3 | 0 |
| 157 | TIMP3 | 1 | PMAM3 | 0,1239 | DAYC4 | 0,00000 | CSNA3 | 0 |
| 158 | BAZA3 | 1 | LUPA3 | 0,1212 | BAZA3 | 0,00000 | RPMG3 | 0 |
| 159 | SGPS3 | 1 | RPMG3 | 0,1207 | SMLE3 | 0,00000 | VALE5 | 0 |
| 160 | IGBR3 | 1 | PRML3 | 0,1193 | TRIS3 | 0,00000 | LUPA3 | 0 |
| 161 | BTOW3 | 1 | SMLE3 | 0,1187 | DASA3 | 0,00000 | RADL3 | 0 |
| 162 | SLCE3 | 1 | WSON33 | 0,1187 | SHUL4 | 0,00000 | SHOW3 | 0 |
| 163 | SNSL3 | 1 | SCAR3 | 0,1183 | CSMG3 | 0,00000 | HYPE3 | 0 |
| 164 | SMLE3 | 1 | TPIS3 | 0,1183 | IGBR3 | 0,00000 | COCE5 | 0 |
| 165 | PRBC4 | 1 | SLED4 | 0,1183 | CESP6 | 0,00000 | BTOW3 | 0 |
| 166 | HOOT4 | 1 | TELB4 | 0,1183 | SLED4 | 0,00000 | VLID3 | 0 |
| 167 | CESP6 | 1 | TCNO3 | 0,118 | MYPK3 | 0,00000 | TOTS3 | 0 |
| 168 | CMIG4 | 1 | ATOM3 | 0,118 | VIVR3 | 0,00000 | AMAR3 | 0 |
| 169 | ETER3 | 1 | PFRM3 | 0,1161 | ETER3 | 0,00000 | TECN3 | 0 |
| 170 | SLED4 | 1 | TEKA4 | 0,1161 | SANB11 | 0,00000 | PCAR4 | 0 |
| 171 | SMT03 | 1 | CARD3 | 0,114 | RDNI3 | 0,00000 | ESTC3 | 0 |
| 172 | GRND3 | 1 | FIBR3 | 0,114 | RCSL4 | 0,00000 | SSBR3 | 0 |
| 173 | BBSE3 | 1 | GPIV33 | 0,114 | BBSE3 | 0,00000 | GGBR4 | 0 |
| 174 | TECN3 | 1 | MDIA3 | 0,114 | SSBR3 | 0,00000 | IDVL4 | 0 |
| 175 | CGRA4 | 1 | CGAS5 | 0,1137 | QUAL3 | 0,00000 | USIM5 | 0 |
| 176 | GPIV33 | 1 | LINX3 | 0,1137 | POS13 | 0,00000 | ODPV3 | 0 |
| 177 | WSON33 | 1 | ODPV3 | 0,1137 | FRTA3 | 0,00000 | RNEW11 | 0 |
| 178 | SHUL4 | 1 | GOAU4 | 0,1136 | SCAR3 | 0,00000 | CARD3 | 0 |
| 179 | FRTA3 | 1 | BRKM5 | 0,1135 | FLRY3 | 0,00000 | GPIV33 | 0 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----|-------|---|--------------|--------|---------------|---------|--------------|---|
| | | | | | | | | |
| 180 | FJTA4 | 1 | RNEW11 | 0,1132 | TUPY3 | 0,00000 | LINX3 | 0 |
| 181 | PRI03 | 1 | PNVL3 | 0,1121 | PMAM3 | 0,00000 | MDIA3 | 0 |
| 182 | ARTR3 | 1 | ABRE11+SEDU3 | 0,1115 | SMT03 | 0,00000 | CGAS5 | 0 |
| 183 | PCAR4 | 1 | IDVL4 | 0,1081 | WEGE3 | 0,00000 | ABRE11+SEDU3 | 0 |
| 184 | NATU3 | 1 | OGXP3 | 0,1069 | CMIG4 | 0,00000 | PMAM3 | 0 |
| 185 | MMXM3 | 1 | PRI03 | 0,1066 | MMXM3 | 0,00000 | SUZB5 | 0 |
| 186 | SCAR3 | 1 | MMXM3 | 0,1066 | RNEW11 | 0,00000 | EMBR3 | 0 |
| 187 | MYPK3 | 1 | SUZB5 | 0,1026 | GPIV33 | 0,00000 | BEEF3 | 0 |
| 188 | RDNI3 | 1 | EMBR3 | 0,1025 | DIRR3 | 0,00000 | ENEV3 | 0 |
| 189 | PFRM3 | 1 | MNDL3 | 0,1023 | CIEL3 | 0,00000 | DAGB33 | 0 |
| 190 | CIEL3 | 1 | TUPY3 | 0,1021 | RPMG3 | 0,00000 | FLRY3 | 0 |
| 191 | FLRY3 | 1 | ENEV3 | 0,1021 | PRBC4 | 0,00000 | MNDL3 | 0 |
| 192 | OIBR4 | 1 | KLBN4 | 0,102 | NATU3 | 0,00000 | GPCP3 | 0 |
| 193 | MNPR3 | 1 | FLRY3 | 0,1004 | MNPR3 | 0,00000 | KLBN4 | 0 |
| 194 | CSMG3 | 1 | OSXB3 | 0,0967 | RADL3 | 0,00000 | TUPY3 | 0 |
| 195 | POS13 | 1 | FJTA4 | 0,0931 | FJTA4 | 0,00000 | BRKM5 | 0 |
| 196 | RPMG3 | 1 | BEEF3 | 0,0931 | PCAR4 | 0,00000 | FJTA4 | 0 |
| 197 | BEEF3 | 1 | DAGB33 | 0,093 | BEEF3 | 0,00000 | FIBR3 | 0 |
| 198 | PTBL3 | 1 | GPCP3 | 0,0928 | PRI03 | 0,00000 | PNVL3 | 0 |
| 199 | MILS3 | 1 | CCXC3 | 0,0882 | MILS3 | 0,00000 | GOAU4 | 0 |

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela III do Anexo III - Empresas da Construção Civil

| Empresa | Sigla | Setor | Subsetor |
|---------------|-------------|-----------------|------------------|
| CYRELA REALT | CYRE3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| DIRECIONAL | DIRR3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| EVEN | EVEN3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| EZTEC | EZTC3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| GAFISA | GFSA3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| HELBOR | HBOR3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| JHSF PART | JHSF3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| MRV | MRVE3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| PDG REALT | PDGR3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| RODOBENS IMOB | RDNI3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| ROSSI RESID | RSID3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| RUMO LOG | ALLL3+RUMO3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| TECNISA | TCSA3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| TRISUL | TRIS3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |
| VIVER | VIVR3 | Consumo Cíclico | Construção Civil |

Fonte: BM&FBOVESPA

ANEXO IV

Tabela 1 do Anexo IV

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | ABCB4 | ITUB4 | 0,920746 |
| 2 | ALPA4 | EZTC3 | 1,172106 |
| 3 | ABEV3 | BRFS3 | 1,112432 |
| 4 | ABEV3 | UGPA3 | 0,928504 |
| 5 | ARZZ3 | ITUB4 | 1,077777 |
| 6 | ARTR3 | KROT3 | 1,226426 |
| 7 | ATOM3 | DAYC4 | 1,302794 |
| 8 | ATOM3 | TCNO3 | 1,29314 |
| 9 | BTOW3 | LAME4 | 1,161015 |
| 10 | BPAN4 | BBDC4 | 1,226319 |
| 11 | BEES3 | EZTC3 | 1,255767 |
| 12 | BEES3 | GPIV33 | 1,306779 |
| 13 | BRSR6 | BBAS3 | 0,89889 |
| 14 | BRSR6 | MGLU3 | 1,196394 |
| 15 | BRSR6 | TEKA4 | 1,304286 |
| 16 | BBSE3 | BBAS3 | 0,807157 |
| 17 | BBSE3 | CIEL3 | 0,985828 |
| 18 | BBSE3 | PSSA3 | 1,020566 |
| 19 | BAZA3 | BVMF3 | 1,254531 |
| 20 | BVMF3 | BBDC4 | 0,839924 |
| 21 | BVMF3 | CTIP3 | 0,986734 |
| 22 | BVMF3 | HYPE3 | 1,097616 |
| 23 | BVMF3 | TCNO3 | 1,316749 |
| 24 | BBRK3 | GPCP3 | 1,268571 |
| 25 | BRIN3 | RSID3 | 1,263929 |
| 26 | ALSC3 | BRML3 | 0,879603 |
| 27 | BBRK3 | BRML3 | 1,189615 |
| 28 | BRML3 | BBDC4 | 0,873747 |
| 29 | BRML3 | CCRO3 | 0,899199 |
| 30 | BRML3 | KROT3 | 1,077468 |
| 31 | BRML3 | MAGG3 | 1,234039 |
| 32 | BRML3 | MRFG3 | 1,11183 |
| 33 | BRML3 | MULT3 | 0,809602 |
| 34 | BPHA3 | BBTG11 | 1,198873 |
| 35 | BRML3 | BRPR3 | 1,123833 |
| 36 | BBDC4 | HGTX3 | 1,10978 |
| 37 | BBDC4 | DTEX3 | 0,992793 |
| 38 | BBDC4 | GOLL4 | 1,062319 |
| 39 | BBDC4 | GUAR3 | 1,146416 |
| 40 | BBDC4 | ITUB4 | 0,459291 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|--------------|------------|
| 41 | BBDC4 | OIBR4 | 1,259914 |
| 42 | BBDC4 | PCAR4 | 0,964266 |
| 43 | BRAP4 | FESA4 | 1,128592 |
| 44 | BRAP4 | GGBR4 | 0,831452 |
| 45 | BRAP4 | PETR4 | 0,922448 |
| 46 | BRAP4 | VALE5 | 0,377563 |
| 47 | AGRO3 | LREN3 | 1,28715 |
| 48 | BBDC4 | BBTG11 | 1,106848 |
| 49 | CCRO3 | ECOR3 | 0,903861 |
| 50 | CCXC3 | ENEV3 | 1,302904 |
| 51 | CCXC3 | OSXB3 | 1,304584 |
| 52 | CLSC4 | GOAU4 | 1,220866 |
| 53 | CMIG4 | CPLE6 | 0,849653 |
| 54 | CMIG4 | ELET6 | 1,010513 |
| 55 | CMIG4 | LIGT3 | 0,916991 |
| 56 | CMIG4 | SGPS3 | 1,245458 |
| 57 | CESP6 | CPFE3 | 1,016562 |
| 58 | CTIP3 | MGEL4 | 1,31148 |
| 59 | CTIP3 | QUAL3 | 1,142776 |
| 60 | BVMF3 | COCE5 | 1,159454 |
| 61 | CCRO3 | CGAS5 | 1,24884 |
| 62 | CGAS5 | WSON33 | 1,293893 |
| 63 | CSMG3 | Sbsp3 | 1,06964 |
| 64 | CPLE6 | CPFE3 | 0,898901 |
| 65 | CSAN3 | CZLT33 | 0,908877 |
| 66 | CSAN3 | SMT03 | 1,050924 |
| 67 | CZLT33 | PETR4 | 0,979711 |
| 68 | CPFE3 | ENBR3 | 0,927989 |
| 69 | CPFE3 | EGIE3 | 0,858157 |
| 70 | CPFE3 | Sbsp3 | 1,008442 |
| 71 | CPFE3 | TAEE11 | 1,169819 |
| 72 | CPFE3 | TRPL4 | 1,080488 |
| 73 | CARD3 | SNSL3 | 1,248762 |
| 74 | CARD3 | UCAS3 | 1,23852 |
| 75 | CYRE3 | EZTC3 | 0,934237 |
| 76 | CYRE3 | HBOR3 | 1,140046 |
| 77 | DASA3 | RNEW11 | 1,284433 |
| 78 | PNVL3 | ABRE11+SEDU3 | 1,291093 |
| 79 | DIRR3 | MRVE3 | 1,061671 |
| 80 | ECOR3 | ALLL3+RUMO3 | 1,125071 |
| 81 | ELPL4 | LIGT3 | 0,950498 |
| 82 | ABEV3 | EMBR3 | 1,179187 |
| 83 | EMBR3 | FIBR3 | 1,136786 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 84 | ENEV3 | RDNI3 | 1,303221 |
| 85 | EGIE3 | EQTL3 | 0,981466 |
| 86 | EGIE3 | ITSA4 | 0,934764 |
| 87 | EGIE3 | ODPV3 | 1,172212 |
| 88 | ESTC3 | KROT3 | 0,812489 |
| 89 | ESTR4 | MAGG3 | 1,305342 |
| 90 | EVEN3 | EZTC3 | 1,019119 |
| 91 | EZTC3 | ITSA4 | 0,948723 |
| 92 | EZTC3 | MILS3 | 1,098171 |
| 93 | EZTC3 | SHOW3 | 1,254524 |
| 94 | FHER3 | FESA4 | 1,239505 |
| 95 | DAGB33 | FIBR3 | 1,187703 |
| 96 | FIBR3 | SUZB5 | 0,64686 |
| 97 | FLRY3 | LREN3 | 1,229698 |
| 98 | BRSR6 | FJTA4 | 1,281391 |
| 99 | GFSA3 | RPMG3 | 1,303176 |
| 100 | GSHP3 | RSID3 | 1,29062 |
| 101 | BRKM5 | GGBR4 | 1,196093 |
| 102 | ETER3 | GGBR4 | 1,214167 |
| 103 | GGBR4 | GOAU4 | 0,512464 |
| 104 | GGBR4 | CSNA3 | 0,791569 |
| 105 | GOAU4 | PLAS3 | 1,23113 |
| 106 | GOLL4 | LOGN3 | 1,218596 |
| 107 | CGRA4 | SSBR3 | 1,269541 |
| 108 | GRND3 | ITUB4 | 1,146282 |
| 109 | GUAR3 | FRIO3 | 1,263567 |
| 110 | GUAR3 | TERI3 | 1,29127 |
| 111 | HAGA4 | PMAM3 | 1,313263 |
| 112 | BBRK3 | HOOT4 | 1,299604 |
| 113 | IDNT3 | PTBL3 | 1,300318 |
| 114 | IGTA3 | MULT3 | 0,819135 |
| 115 | ALSC3 | ROMI3 | 1,243008 |
| 116 | COCE5 | IDVL4 | 1,291375 |
| 117 | BBDC4 | MYPK3 | 1,101273 |
| 118 | BBAS3 | ITSA4 | 0,685495 |
| 119 | CARD3 | ITSA4 | 1,216625 |
| 120 | GFSA3 | ITSA4 | 1,034604 |
| 121 | ITSA4 | ITUB4 | 0,356162 |
| 122 | ITSA4 | JSLG3 | 1,137578 |
| 123 | ITSA4 | MRVE3 | 0,994264 |
| 124 | ITSA4 | RAPT4 | 1,026111 |
| 125 | ITSA4 | TCSA3 | 1,043733 |
| 126 | ITSA4 | UGPA3 | 0,909327 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|----------------|-------------|-------------|------------|
| 127 | ITUB4 | LAME4 | 0,972104 |
| 128 | ITUB4 | LREN3 | 0,949592 |
| 129 | ITUB4 | POSI3 | 1,237659 |
| 130 | ITUB4 | SANB11 | 0,810762 |
| 131 | ITUB4 | VIVT4 | 1,023188 |
| 132 | BBAS3 | JBDU4 | 1,278148 |
| 133 | JBSS3 | MRFG3 | 1,120089 |
| 134 | BBDC4 | JHSF3 | 1,160967 |
| 135 | BRSR6 | KEPL3 | 1,196815 |
| 136 | KLBN4 | SUZB5 | 1,143827 |
| 137 | LLIS3 | PCAR4 | 1,251362 |
| 138 | ALUP11 | LIGT3 | 1,189134 |
| 139 | IGBR3 | LIGT3 | 1,319061 |
| 140 | LINX3 | TOTS3 | 1,175248 |
| 141 | BBDC4 | RENT3 | 0,997493 |
| 142 | ABCB4 | LCAM3 | 1,282869 |
| 143 | LAME4 | SLCE3 | 1,262797 |
| 144 | BBDC4 | AMAR3 | 1,16483 |
| 145 | LREN3 | RADL3 | 1,038162 |
| 146 | BVMF3 | LPSB3 | 1,154027 |
| 147 | LUPA3 | PMAM3 | 1,283089 |
| 148 | BBDC4 | MDIA3 | 1,136742 |
| 149 | ITSA4 | POMO4 | 1,084221 |
| 150 | POMO4 | LEVE3 | 1,205835 |
| 151 | MRFG3 | BEEF3 | 1,00938 |
| 152 | LEVE3 | TUPY3 | 1,249977 |
| 153 | MPLU3 | SMLE3 | 1,161904 |
| 154 | GUAR3 | MNDL3 | 1,31903 |
| 155 | BBDC4 | NATU3 | 1,062273 |
| 156 | OGXP3 | SNSL3 | 1,299922 |
| 157 | BBDC4 | PRBC4 | 1,229297 |
| 158 | PMAM3 | PETR4 | 1,112698 |
| 159 | BBDC4 | PDGR3 | 1,142373 |
| 160 | PDGR3 | RSID3 | 1,154101 |
| 161 | BBDC4 | PETR4 | 0,854131 |
| 162 | MMXM3 | PETR4 | 1,271721 |
| 163 | PETR4 | PFRM3 | 1,243838 |
| 164 | PETR4 | PRI03 | 1,09944 |
| 165 | PETR4 | PINE4 | 1,185435 |
| 166 | CCXC3 | FRTA3 | 1,322652 |
| 167 | PSSA3 | SULA11 | 1,011282 |
| 168 | PTBL3 | TCSA3 | 1,240398 |
| 169 | CSAN3 | PRML3 | 1,271586 |

| Ligação | Nó 1 | Nó 2 | Dij |
|---------|-------|--------------|----------|
| 170 | PETR4 | QGEP3 | 1,067242 |
| 171 | QUAL3 | TPIS3 | 1,226172 |
| 172 | MPLU3 | RCSL4 | 1,316039 |
| 173 | LREN3 | RNEW11 | 1,290781 |
| 174 | BVMF3 | RDNI3 | 1,257065 |
| 175 | BBDC4 | SAPR4 | 1,213249 |
| 176 | SCAR3 | TRPN3 | 1,311645 |
| 177 | SCAR3 | USIM5 | 1,187173 |
| 178 | GOAU4 | SLED4 | 1,243596 |
| 179 | PETR4 | SHUL4 | 1,200701 |
| 180 | CSNA3 | USIM5 | 0,761058 |
| 181 | PETR4 | SSBR3 | 1,184553 |
| 182 | BBDC4 | SMLE3 | 1,092801 |
| 183 | MNPR3 | SMLE3 | 1,287687 |
| 184 | RAPT4 | ABRE11+SEDU3 | 1,285816 |
| 185 | INEP4 | SULA11 | 1,324635 |
| 186 | PETR4 | TECN3 | 1,210101 |
| 187 | BVMF3 | TGMA3 | 1,130141 |
| 188 | QUAL3 | TELB4 | 1,327782 |
| 189 | VIVT4 | TIMP3 | 0,906705 |
| 190 | SBSP3 | TOTS3 | 1,155966 |
| 191 | BBSE3 | TRIS3 | 1,262475 |
| 192 | EUCA4 | TUPY3 | 1,285886 |
| 193 | CPLE6 | UNIP6 | 1,284772 |
| 194 | ELPL4 | VAGR3 | 1,263362 |
| 195 | LAME4 | VLID3 | 1,188902 |
| 196 | COCE5 | VIVR3 | 1,314744 |
| 197 | ITUB4 | WEGE3 | 1,146971 |
| 198 | BBSE3 | WHRL4 | 1,281092 |

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 2 do Anexo IV - Medidas de Centralidade Pós

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|----|-------|----|-------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|
| | | | | | | | | |
| 1 | BBDC4 | 22 | BBDC4 | 0,2929 | BBDC4 | 0,7315 | BBDC4 | 0,7734 |
| 2 | ITSA4 | 12 | ITUB4 | 0,2874 | ITUB4 | 0,5787 | PETR4 | 0,1774 |
| 3 | PETR4 | 12 | ITSA4 | 0,2668 | ITSA4 | 0,5754 | BVMF3 | 0,1411 |
| 4 | ITUB4 | 11 | PETR4 | 0,2441 | PETR4 | 0,2834 | GUAR3 | 0,1369 |
| 5 | BVMF3 | 9 | BRML3 | 0,2383 | BRML3 | 0,2002 | BRML3 | 0,1300 |
| 6 | BRML3 | 9 | BVMF3 | 0,2377 | EGIE3 | 0,1926 | OIBR4 | 0,1232 |
| 7 | CPFE3 | 7 | SMLE3 | 0,2284 | BVMF3 | 0,1909 | SMLE3 | 0,1204 |
| 8 | EZTC3 | 7 | GUAR3 | 0,2284 | CPFE3 | 0,1714 | PRBC4 | 0,1203 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|----|--------|---|-------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|
| | | | | | | | | |
| 9 | BBSE3 | 5 | PDGR3 | 0,2284 | BRAP4 | 0,1339 | BPAN4 | 0,1200 |
| 10 | BRSR6 | 5 | BBTG11 | 0,2273 | BBAS3 | 0,1257 | SAPR4 | 0,1187 |
| 11 | LREN3 | 5 | GOLL4 | 0,2273 | GGBR4 | 0,0981 | PDGR3 | 0,1182 |
| 12 | GGBR4 | 5 | PCAR4 | 0,2273 | CPLE6 | 0,0876 | BBTG11 | 0,1142 |
| 13 | CMIG4 | 4 | NATU3 | 0,2268 | EZTC3 | 0,0793 | AMAR3 | 0,1139 |
| 14 | EGIE3 | 4 | MDIA3 | 0,2268 | CMIG4 | 0,0691 | JHSF3 | 0,1136 |
| 15 | LAME4 | 4 | AMAR3 | 0,2268 | UGPA3 | 0,0686 | MDIA3 | 0,1112 |
| 16 | LIGT3 | 4 | RENT3 | 0,2268 | BBSE3 | 0,0597 | GOLL4 | 0,1098 |
| 17 | BBAS3 | 4 | DTEX3 | 0,2268 | ABEV3 | 0,0593 | HGTX3 | 0,1086 |
| 18 | BRAP4 | 4 | BPAN4 | 0,2268 | LREN3 | 0,0499 | MYPK3 | 0,1077 |
| 19 | GUAR3 | 4 | JHSF3 | 0,2268 | BRSR6 | 0,0401 | NATU3 | 0,1039 |
| 20 | GOAU4 | 4 | MYPK3 | 0,2268 | LIGT3 | 0,04 | PCAR4 | 0,1 |
| 21 | CCXC3 | 3 | SAPR4 | 0,2268 | CCRO3 | 0,04 | RENT3 | 0,0976 |
| 22 | MRFG3 | 3 | HGTX3 | 0,2268 | CTIP3 | 0,0399 | DTEX3 | 0,0971 |
| 23 | CCRO3 | 3 | PRBC4 | 0,2268 | EMBR3 | 0,0398 | ITUB4 | 0,0722 |
| 24 | ABEV3 | 3 | OIBR4 | 0,2268 | RDNI3 | 0,0398 | MMXM3 | 0,0644 |
| 25 | KROT3 | 3 | LREN3 | 0,226 | LAME4 | 0,0301 | PMAM3 | 0,0642 |
| 26 | CARD3 | 3 | LAME4 | 0,225 | GUAR3 | 0,0301 | SSBR3 | 0,0637 |
| 27 | SMLE3 | 3 | ABCB4 | 0,224 | GOAU4 | 0,0301 | PFRM3 | 0,063 |
| 28 | CSAN3 | 3 | VIVT4 | 0,224 | CARD3 | 0,0301 | TECN3 | 0,0613 |
| 29 | CPLE6 | 3 | ARZZ3 | 0,2235 | SMLE3 | 0,0301 | SHUL4 | 0,0608 |
| 30 | SBSP3 | 3 | WEGE3 | 0,2235 | SBSP3 | 0,0301 | PINE4 | 0,06 |
| 31 | RSID3 | 3 | SANB11 | 0,2235 | FIBR3 | 0,0301 | TCNO3 | 0,0567 |
| 32 | QUAL3 | 3 | GRND3 | 0,2235 | POMO4 | 0,03 | PRI03 | 0,0557 |
| 33 | COCE5 | 3 | POSI3 | 0,2235 | ENEV3 | 0,03 | RDNI3 | 0,0542 |
| 34 | CTIP3 | 3 | EGIE3 | 0,2207 | CZLT33 | 0,03 | QGEP3 | 0,0541 |
| 35 | FIBR3 | 3 | BBAS3 | 0,2169 | CSNA3 | 0,03 | COCE5 | 0,0533 |
| 36 | PMAM3 | 3 | EZTC3 | 0,2145 | PDGR3 | 0,03 | MNDL3 | 0,0516 |
| 37 | BBRK3 | 3 | UGPA3 | 0,2141 | CCXC3 | 0,0202 | CZLT33 | 0,0513 |
| 38 | MPLU3 | 2 | POMO4 | 0,2122 | MRFG3 | 0,0202 | BRAP4 | 0,0509 |
| 39 | MULT3 | 2 | CARD3 | 0,2122 | KROT3 | 0,0202 | BAZA3 | 0,0506 |
| 40 | MRVE3 | 2 | TCSA3 | 0,2118 | CSAN3 | 0,0202 | TERI3 | 0,0505 |
| 41 | LEVE3 | 2 | RAPT4 | 0,2118 | RSID3 | 0,0202 | BBRK3 | 0,0501 |
| 42 | POMO4 | 2 | MRVE3 | 0,2113 | QUAL3 | 0,0202 | FRIO3 | 0,0494 |
| 43 | ENEV3 | 2 | GFSA3 | 0,2113 | COCE5 | 0,0202 | MAGG3 | 0,0488 |
| 44 | MAGG3 | 2 | JSLG3 | 0,2109 | PMAM3 | 0,0202 | LPSB3 | 0,0465 |
| 45 | BBTG11 | 2 | BRAP4 | 0,202 | BBRK3 | 0,0202 | TGMA3 | 0,0455 |
| 46 | EMBR3 | 2 | CZLT33 | 0,1976 | LEVE3 | 0,0201 | CTIP3 | 0,045 |
| 47 | ELPL4 | 2 | PMAM3 | 0,1972 | USIM5 | 0,0201 | MRFG3 | 0,045 |
| 48 | BEES3 | 2 | SSBR3 | 0,1968 | TCNO3 | 0,0201 | MNPR3 | 0,0443 |
| 49 | ECOR3 | 2 | MMXM3 | 0,1964 | TCSA3 | 0,0201 | HYPE3 | 0,0442 |
| 50 | USIM5 | 2 | TECN3 | 0,1964 | RAPT4 | 0,0201 | RSID3 | 0,0442 |
| 51 | ABCB4 | 2 | SHUL4 | 0,1964 | PSSA3 | 0,0201 | KROT3 | 0,0434 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|----|--------------|---|-------------|--------|---------------|--------|-----------|--------|
| | | | | | | | | |
| 52 | UGPA3 | 2 | QGEP3 | 0,1964 | MPLU3 | 0,0101 | MPLU3 | 0,0426 |
| 53 | TUPY3 | 2 | PFRM3 | 0,1964 | MULT3 | 0,0101 | BRPR3 | 0,0417 |
| 54 | ALSC3 | 2 | PINE4 | 0,1964 | MRVE3 | 0,0101 | BPHA3 | 0,0391 |
| 55 | TOTS3 | 2 | PRI03 | 0,1964 | MAGG3 | 0,0101 | LOGN3 | 0,0382 |
| 56 | VIVT4 | 2 | CCRO3 | 0,1941 | BBTG11 | 0,0101 | CCRO3 | 0,0367 |
| 57 | CYRE3 | 2 | RDNI3 | 0,1937 | ELPL4 | 0,0101 | LLIS3 | 0,0357 |
| 58 | TCNO3 | 2 | CTIP3 | 0,1937 | BEES3 | 0,0101 | ALSC3 | 0,0346 |
| 59 | TCSA3 | 2 | MRF33 | 0,1934 | ECOR3 | 0,0101 | MULT3 | 0,0308 |
| 60 | SUZB5 | 2 | KROT3 | 0,1934 | TUPY3 | 0,0101 | POSI3 | 0,0255 |
| 61 | SULA11 | 2 | BBRK3 | 0,1934 | TOTS3 | 0,0101 | LREN3 | 0,025 |
| 62 | ABRE11+SEDU3 | 2 | MULT3 | 0,193 | ALSC3 | 0,0101 | LAME4 | 0,0238 |
| 63 | CZLT33 | 2 | MAGG3 | 0,193 | VIVT4 | 0,0101 | WEGE3 | 0,0237 |
| 64 | SSBR3 | 2 | ALSC3 | 0,193 | ABCB4 | 0,0101 | GRND3 | 0,0236 |
| 65 | CSNA3 | 2 | TCNO3 | 0,193 | CYRE3 | 0,0101 | ARZZ3 | 0,0222 |
| 66 | SNSL3 | 2 | COCE5 | 0,193 | SUZB5 | 0,0101 | VIVT4 | 0,0217 |
| 67 | SCAR3 | 2 | BRPR3 | 0,1926 | SULA11 | 0,0101 | ABCB4 | 0,0202 |
| 68 | RDNI3 | 2 | HYPE3 | 0,1922 | ABRE11+SEDU3 | 0,0101 | SANB11 | 0,0167 |
| 69 | RNEW11 | 2 | LPSB3 | 0,1922 | SSBR3 | 0,0101 | ITSA4 | 0,0132 |
| 70 | RAPT4 | 2 | TGMA3 | 0,1922 | SNSL3 | 0,0101 | HAGA4 | 0,0107 |
| 71 | CGAS5 | 2 | BAZA3 | 0,1922 | SCAR3 | 0,0101 | LUPA3 | 0,0104 |
| 72 | GOLL4 | 2 | CPFE3 | 0,1871 | RNEW11 | 0,0101 | CGRA4 | 0,0102 |
| 73 | ATOM3 | 2 | RSID3 | 0,1868 | CGAS5 | 0,0101 | ATOM3 | 0,0099 |
| 74 | PTBL3 | 2 | MPLU3 | 0,1864 | GOLL4 | 0,0101 | ENEV3 | 0,0096 |
| 75 | PSSA3 | 2 | MNDL3 | 0,1861 | ATOM3 | 0,0101 | VIVR3 | 0,0089 |
| 76 | GFSA3 | 2 | MNPR3 | 0,1861 | PTBL3 | 0,0101 | IDVL4 | 0,0087 |
| 77 | PDGR3 | 2 | FRIO3 | 0,1861 | GFSA3 | 0,0101 | HOOT4 | 0,0082 |
| 78 | FESA4 | 2 | TERI3 | 0,1861 | FESA4 | 0,0101 | ESTR4 | 0,0081 |
| 79 | PCAR4 | 2 | LOGN3 | 0,1854 | PCAR4 | 0,0101 | GPCP3 | 0,008 |
| 80 | MNPR3 | 1 | LLIS3 | 0,1854 | MNPR3 | 0 | FESA4 | 0,0077 |
| 81 | BEEF3 | 1 | BPHA3 | 0,1854 | BEEF3 | 0 | MGEL4 | 0,0075 |
| 82 | MILS3 | 1 | RNEW11 | 0,1849 | MILS3 | 0 | QUAL3 | 0,0074 |
| 83 | FRIO3 | 1 | AGRO3 | 0,1845 | FRIO3 | 0 | GSHP3 | 0,0072 |
| 84 | UCAS3 | 1 | RADL3 | 0,1845 | IDVL4 | 0 | RCSL4 | 0,0071 |
| 85 | EQTL3 | 1 | FLRY3 | 0,1845 | EQTL3 | 0 | BRIN3 | 0,0071 |
| 86 | ALPA4 | 1 | VLID3 | 0,1838 | ARZZ3 | 0 | ARTR3 | 0,0067 |
| 87 | MGEL4 | 1 | BTOW3 | 0,1838 | MGEL4 | 0 | CSAN3 | 0,0065 |
| 88 | SHUL4 | 1 | SLCE3 | 0,1838 | TPIS3 | 0 | JBSS3 | 0,0064 |
| 89 | MGLU3 | 1 | LCAM3 | 0,1832 | MGLU3 | 0 | GGBR4 | 0,0062 |
| 90 | MDIA3 | 1 | TIMP3 | 0,1832 | MDIA3 | 0 | CGAS5 | 0,0062 |
| 91 | LUPA3 | 1 | EQTL3 | 0,181 | LUPA3 | 0 | BEEF3 | 0,0057 |
| 92 | LPSB3 | 1 | ODPV3 | 0,181 | LPSB3 | 0 | ROMI3 | 0,0054 |
| 93 | UNIP6 | 1 | BBSE3 | 0,1803 | TRPL4 | 0 | ESTC3 | 0,0045 |
| 94 | AMAR3 | 1 | BRSR6 | 0,1797 | AMAR3 | 0 | ECOR3 | 0,0044 |

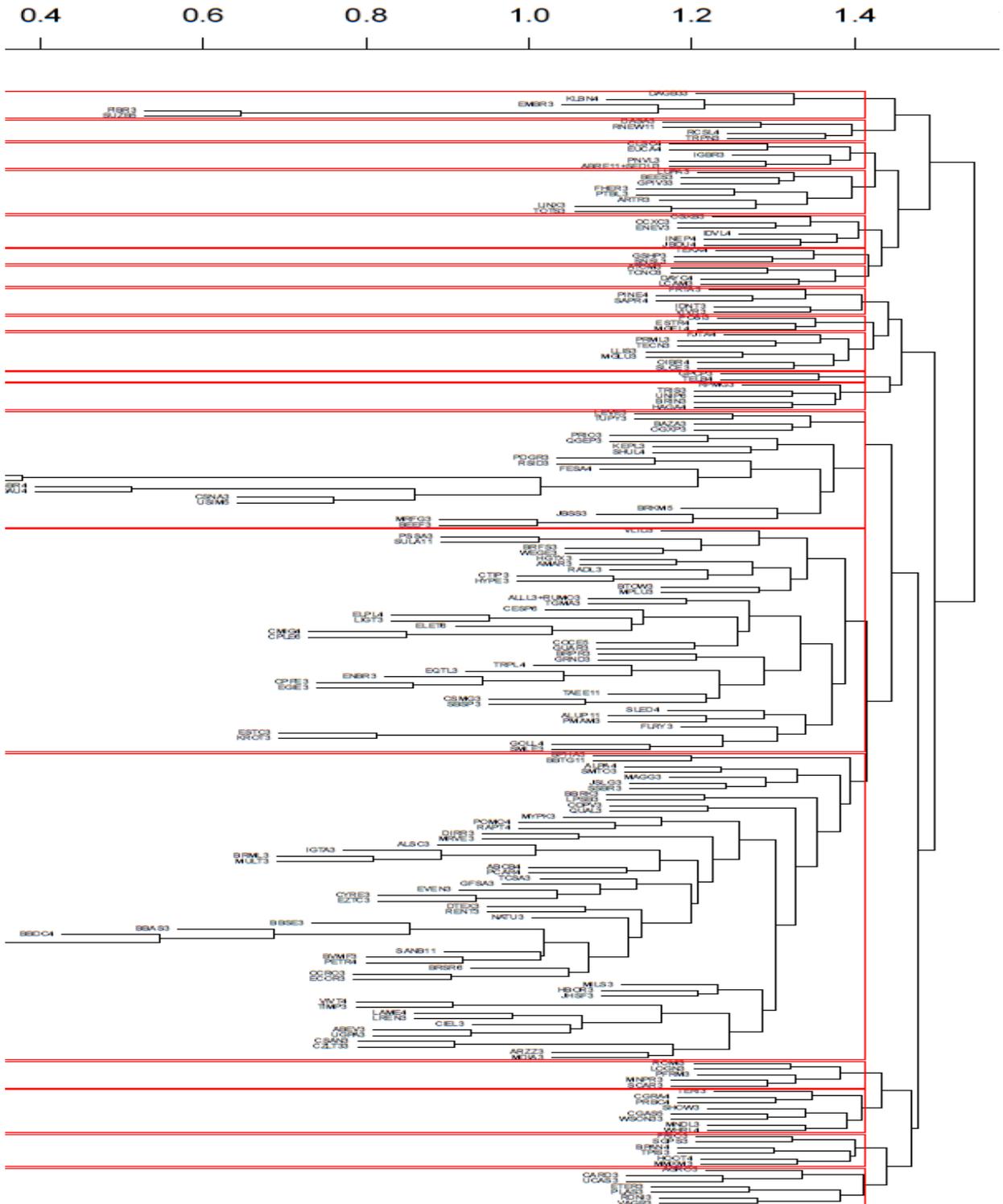
| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----|--------|---|--------------|--------|---------------|---|--------------|--------|
| | | | | | | | | |
| 95 | BRFS3 | 1 | ABEV3 | 0,1784 | BRFS3 | 0 | RNEW11 | 0,0043 |
| 96 | LOGN3 | 1 | JBDU4 | 0,1784 | LOGN3 | 0 | CCXC3 | 0,0041 |
| 97 | LCAM3 | 1 | BEES3 | 0,1771 | LCAM3 | 0 | AGRO3 | 0,0041 |
| 98 | RENT3 | 1 | CYRE3 | 0,1771 | RENT3 | 0 | FLRY3 | 0,0039 |
| 99 | LINX3 | 1 | EVEN3 | 0,1768 | LINX3 | 0 | SLCE3 | 0,0038 |
| 100 | DTEX3 | 1 | ALPA4 | 0,1768 | DTEX3 | 0 | DAYC4 | 0,0037 |
| 101 | LLIS3 | 1 | MILS3 | 0,1768 | LLIS3 | 0 | VLID3 | 0,0036 |
| 102 | DAGB33 | 1 | SHOW3 | 0,1768 | DAGB33 | 0 | BTOW3 | 0,0035 |
| 103 | KLBN4 | 1 | LEVE3 | 0,1758 | KLBN4 | 0 | RADL3 | 0,0033 |
| 104 | KEPL3 | 1 | SNSL3 | 0,1755 | KEPL3 | 0 | LCAM3 | 0,0033 |
| 105 | DIRR3 | 1 | UCAS3 | 0,1752 | DIRR3 | 0 | IGTA3 | 0,0032 |
| 106 | JHSF3 | 1 | ABRE11+SEDU3 | 0,1752 | JHSF3 | 0 | TELB4 | 0,0028 |
| 107 | JBSS3 | 1 | PTBL3 | 0,1752 | VIVR3 | 0 | FHER3 | 0,0027 |
| 108 | JBDU4 | 1 | DIRR3 | 0,1746 | JBDU4 | 0 | TPIS3 | 0,0026 |
| 109 | TERI3 | 1 | RPMG3 | 0,1746 | BPAN4 | 0 | TIMP3 | 0,0025 |
| 110 | DASA3 | 1 | GGBR4 | 0,1711 | DASA3 | 0 | VALE5 | 0,0024 |
| 111 | BPAN4 | 1 | FESA4 | 0,1685 | JSLG3 | 0 | PRML3 | 0,0024 |
| 112 | INEP4 | 1 | VALE5 | 0,1682 | INEP4 | 0 | CARD3 | 0,0023 |
| 113 | IGBR3 | 1 | CSAN3 | 0,1657 | FRTA3 | 0 | WSON33 | 0,0023 |
| 114 | BAZA3 | 1 | LUPA3 | 0,1649 | BAZA3 | 0 | EZTC3 | 0,0022 |
| 115 | IGTA3 | 1 | HAGA4 | 0,1649 | IGTA3 | 0 | ETER3 | 0,0022 |
| 116 | ROMI3 | 1 | CGRA4 | 0,1646 | HYPE3 | 0 | BRKM5 | 0,0021 |
| 117 | POSI3 | 1 | ENEV3 | 0,1632 | GRND3 | 0 | SMTO3 | 0,002 |
| 118 | BRPR3 | 1 | ECOR3 | 0,163 | BRPR3 | 0 | POMO4 | 0,0019 |
| 119 | FRTA3 | 1 | CGAS5 | 0,163 | TECN3 | 0 | JSLG3 | 0,0019 |
| 120 | DAYC4 | 1 | QUAL3 | 0,163 | TRPN3 | 0 | TCSA3 | 0,0019 |
| 121 | HAGA4 | 1 | MGEL4 | 0,1624 | HAGA4 | 0 | GFSA3 | 0,0018 |
| 122 | SHOW3 | 1 | BEEF3 | 0,1622 | TRIS3 | 0 | RAPT4 | 0,0018 |
| 123 | VALE5 | 1 | ESTC3 | 0,1622 | UNIP6 | 0 | EGIE3 | 0,0018 |
| 124 | CSMG3 | 1 | JBSS3 | 0,1622 | WEGE3 | 0 | MRVE3 | 0,0017 |
| 125 | BTOW3 | 1 | HOOT4 | 0,1622 | TGMA3 | 0 | DASA3 | 0,0016 |
| 126 | VAGR3 | 1 | GPCP3 | 0,1622 | TELB4 | 0 | UGPA3 | 0,0016 |
| 127 | ALUP11 | 1 | ATOM3 | 0,1622 | SMTO3 | 0 | CSNA3 | 0,0014 |
| 128 | TAE11 | 1 | ARTR3 | 0,1622 | SLCE3 | 0 | ALLL3+RUMO3 | 0,0014 |
| 129 | WSON33 | 1 | ESTR4 | 0,1619 | WHRL4 | 0 | BBAS3 | 0,0013 |
| 130 | ARTR3 | 1 | ROMI3 | 0,1619 | ARTR3 | 0 | GOAU4 | 0,0011 |
| 131 | SLCE3 | 1 | IDVL4 | 0,1619 | SANB11 | 0 | SNSL3 | 0,0009 |
| 132 | FJTA4 | 1 | VIVR3 | 0,1619 | FJTA4 | 0 | BEES3 | 0,0008 |
| 133 | HGTX3 | 1 | IGTA3 | 0,1619 | HGTX3 | 0 | UCAS3 | 0,0008 |
| 134 | SGPS3 | 1 | CPLE6 | 0,1601 | JBSS3 | 0 | SHOW3 | 0,0008 |
| 135 | NATU3 | 1 | SBSP3 | 0,1585 | BPHA3 | 0 | ALPA4 | 0,0007 |
| 136 | FHER3 | 1 | TAE11 | 0,1578 | FHER3 | 0 | ABRE11+SEDU3 | 0,0007 |
| 137 | CESP6 | 1 | TRPL4 | 0,1578 | CESP6 | 0 | LEVE3 | 0,0007 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----|-------------|---|-------------|--------|---------------|---|-----------|--------|
| | | | | | | | | |
| 138 | EVEN3 | 1 | ENBR3 | 0,1578 | EVEN3 | 0 | PTBL3 | 0,0007 |
| 139 | VIVR3 | 1 | CESP6 | 0,1578 | VLID3 | 0 | MIL33 | 0,0007 |
| 140 | CLSC4 | 1 | GSHP3 | 0,1575 | CLSC4 | 0 | RPMG3 | 0,0007 |
| 141 | ESTR4 | 1 | BRIN3 | 0,1575 | ESTR4 | 0 | FRTA3 | 0,0007 |
| 142 | ESTC3 | 1 | RCSL4 | 0,1573 | ESTC3 | 0 | OSXB3 | 0,0007 |
| 143 | PNVL3 | 1 | DASA3 | 0,1562 | SGPS3 | 0 | EVEN3 | 0,0006 |
| 144 | TRPL4 | 1 | PSSA3 | 0,1534 | VALE5 | 0 | CYRE3 | 0,0006 |
| 145 | SLED4 | 1 | CIEL3 | 0,1529 | TERI3 | 0 | ODPV3 | 0,0006 |
| 146 | ENBR3 | 1 | TRIS3 | 0,1529 | ENBR3 | 0 | CPFE3 | 0,0006 |
| 147 | TRIS3 | 1 | WHRL4 | 0,1529 | DAYC4 | 0 | DIRR3 | 0,0005 |
| 148 | JSLG3 | 1 | FJTA4 | 0,1524 | TIMP3 | 0 | EQTL3 | 0,0005 |
| 149 | ELET6 | 1 | MGLU3 | 0,1524 | ELET6 | 0 | JBDU4 | 0,0005 |
| 150 | TEKA4 | 1 | EMBR3 | 0,1524 | HBOR3 | 0 | ABEV3 | 0,0005 |
| 151 | BRKM5 | 1 | KEPL3 | 0,1524 | BRKM5 | 0 | BRSR6 | 0,0004 |
| 152 | AGRO3 | 1 | TEKA4 | 0,1524 | AGRO3 | 0 | BBSE3 | 0,0004 |
| 153 | TPIS3 | 1 | BRFS3 | 0,1515 | SHOW3 | 0 | SLED4 | 0,0002 |
| 154 | TECN3 | 1 | HBOR3 | 0,1506 | VAGR3 | 0 | PLAS3 | 0,0002 |
| 155 | GPIV33 | 1 | GPIV33 | 0,1506 | PNVL3 | 0 | CLSC4 | 0,0002 |
| 156 | VLID3 | 1 | TUPY3 | 0,1499 | GPIV33 | 0 | USIM5 | 0,0001 |
| 157 | QGEP3 | 1 | OGXP3 | 0,1494 | PLAS3 | 0 | OGXP3 | 0,0001 |
| 158 | WHRL4 | 1 | IDNT3 | 0,1492 | WSON33 | 0 | GPIV33 | 0,0001 |
| 159 | GSHP3 | 1 | PNVL3 | 0,1492 | FLRY3 | 0 | TUPY3 | 0,0001 |
| 160 | PLAS3 | 1 | CSNA3 | 0,1469 | BTOW3 | 0 | PNVL3 | 0,0001 |
| 161 | PINE4 | 1 | GOAU4 | 0,1469 | ALUP11 | 0 | IDNT3 | 0,0001 |
| 162 | TRPN3 | 1 | ETER3 | 0,1462 | ROMI3 | 0 | HBOR3 | 0,0001 |
| 163 | HOOT4 | 1 | BRKM5 | 0,1462 | SAPR4 | 0 | TAEE11 | 0,0001 |
| 164 | PRBC4 | 1 | FHER3 | 0,1443 | OSXB3 | 0 | SBSP3 | 0,0001 |
| 165 | HYPE3 | 1 | PRML3 | 0,1422 | OIBR4 | 0 | TRPL4 | 0,0001 |
| 166 | OGXP3 | 1 | SMTO3 | 0,1422 | CSMG3 | 0 | CESP6 | 0,0001 |
| 167 | BRIN3 | 1 | CCXC3 | 0,1408 | BRIN3 | 0 | EMBR3 | 0,0001 |
| 168 | MNDL3 | 1 | WSON33 | 0,1402 | MNDL3 | 0 | TEKA4 | 0,0001 |
| 169 | IDNT3 | 1 | ALLL3+RUMO3 | 0,1402 | IGBR3 | 0 | CPLE6 | 0,0001 |
| 170 | TELB4 | 1 | TPIS3 | 0,1402 | SHUL4 | 0 | FJTA4 | 0,0001 |
| 171 | IDVL4 | 1 | TELB4 | 0,1402 | CGRA4 | 0 | ENBR3 | 0,0001 |
| 172 | MYPK3 | 1 | DAYC4 | 0,1396 | IDNT3 | 0 | KEPL3 | 0,0001 |
| 173 | SMTO3 | 1 | CMIG4 | 0,1394 | HOOT4 | 0 | MGLU3 | 0,0001 |
| 174 | TGMA3 | 1 | UNIP6 | 0,1381 | MYPK3 | 0 | BRFS3 | 0,0001 |
| 175 | SAPR4 | 1 | TOTS3 | 0,1371 | ALLL3+RUMO3 | 0 | WHRL4 | 0,0001 |
| 176 | ALLL3+RUMO3 | 1 | CSMG3 | 0,1369 | PFRM3 | 0 | TRIS3 | 0,0001 |
| 177 | CGRA4 | 1 | SULA11 | 0,1332 | TEKA4 | 0 | SCAR3 | 0,0001 |
| 178 | RADL3 | 1 | FIBR3 | 0,1329 | GPCP3 | 0 | PSSA3 | 0,0001 |
| 179 | PRML3 | 1 | EUCA4 | 0,1304 | PINE4 | 0 | CIEL3 | 0 |
| 180 | CIEL3 | 1 | USIM5 | 0,1285 | RPMG3 | 0 | EUCA4 | 0 |

| P. | Grau | | Proximidade | | Intermediação | | Autovalor | |
|-----|--------|---|-------------|--------|---------------|---|-----------|---|
| | | | | | | | | |
| 181 | PRI03 | 1 | CLSC4 | 0,1282 | UCAS3 | 0 | TOTS3 | 0 |
| 182 | WEGE3 | 1 | SLED4 | 0,1282 | RCSL4 | 0 | UNIP6 | 0 |
| 183 | OSXB3 | 1 | PLAS3 | 0,1282 | OGXP3 | 0 | FIBR3 | 0 |
| 184 | ODPV3 | 1 | OSXB3 | 0,1235 | NATU3 | 0 | CSMG3 | 0 |
| 185 | EUCA4 | 1 | FRTA3 | 0,1235 | EUCA4 | 0 | CMIG4 | 0 |
| 186 | HBOR3 | 1 | LIGT3 | 0,1231 | RADL3 | 0 | SULA11 | 0 |
| 187 | BPHA3 | 1 | SGPS3 | 0,1224 | SLED4 | 0 | TRPN3 | 0 |
| 188 | GRND3 | 1 | ELET6 | 0,1224 | PRML3 | 0 | LINX3 | 0 |
| 189 | GPCP3 | 1 | LINX3 | 0,1207 | POSI3 | 0 | DAGB33 | 0 |
| 190 | PFRM3 | 1 | INEP4 | 0,1176 | PRI03 | 0 | SGPS3 | 0 |
| 191 | FLRY3 | 1 | SUZB5 | 0,1175 | PRBC4 | 0 | LIGT3 | 0 |
| 192 | OIBR4 | 1 | DAGB33 | 0,1174 | ODPV3 | 0 | INEP4 | 0 |
| 193 | ARZZ3 | 1 | SCAR3 | 0,1141 | ALPA4 | 0 | ELET6 | 0 |
| 194 | SANB11 | 1 | ELPL4 | 0,1098 | QGEP3 | 0 | SUZB5 | 0 |
| 195 | TIMP3 | 1 | ALUP11 | 0,1096 | CIEL3 | 0 | IGBR3 | 0 |
| 196 | RPMG3 | 1 | IGBR3 | 0,1096 | TAEE11 | 0 | KLBN4 | 0 |
| 197 | ETER3 | 1 | KLBN4 | 0,1052 | ETER3 | 0 | ALUP11 | 0 |
| 198 | RCSL4 | 1 | TRPN3 | 0,1024 | GSHP3 | 0 | ELPL4 | 0 |
| 199 | MMXM3 | 1 | VAGR3 | 0,099 | MMXM3 | 0 | VAGR3 | 0 |

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 1 do Anexo IV – Dendrograma Pós Reeleições



Fonte: elaborado pelo autor