

# Investigação da relação entre empresas através da análise topológica de uma rede na Bolsa de Valores do Brasil

Carlos Magno G. Barbosa, Lucas Gabriel da S. Felix, Carolina R. Xavier, Vinícius da F. Vieira

Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil  
vinicius@ufsj.edu.br

**Abstract.** B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) is the official stock exchange in Brazil and plays a key role in the world financial market. Stock exchange allows people and companies to relate through the shareholding and the purchase and sale of shares. The study of the relationship between people and companies can reveal valuable information about the operation of the stock exchange and, consequently, the financial market as a whole. In this work, the relations in B3 are modeled through a network, in which the vertices represent companies and people and the edges represent shareholdings. From the built network, several analyzes are performed with the objective of understanding and characterizing the patterns found in relationships. Investigation on the topology of the network is performed under different perspectives, such as the centrality of the vertices, organization of vertices in communities, the robustness and the diffusion of influence.

Categories and Subject Descriptors: E.1 [Data]: Graphs and networks; H.2.8 [Database Applications]: Data Mining

Keywords: Graph Mining, data mining, stock exchange, B3

## 1. INTRODUÇÃO

A modelagem de sistemas complexos através de redes, onde os nós representam elementos e as arestas representam suas relações, pode trazer informações reveladoras e valiosas em diversos contextos, como sociologia, biologia, transportes e economia. Diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura com o objetivo de investigar redes no mercado de ações, a maioria deles com foco na análise da rede gerada a partir da correlação do preço de ações [Huang et al. 2009; Xia et al. 2018; Tabak et al. 2010]. Huang et al. [2009] apresentam uma abordagem estatística para construir uma rede de correlação do preço de ações. Huang et al. [2009] também apresentam uma análise topológica e estatística do mercado de ações em um trabalho em que é analisado o mercado de ações da China com objetivo de identificar o comportamento da rede e a robustez da mesma. Já Tabak et al. [2010], utilizam uma árvore geradora mínima para encontrar os setores mais importantes do mercado de ações.

Considerando a grande importância do mercado de ações brasileiro na América Latina e sua influência no crescimento da economia [Caporale et al. 2004], o presente trabalho utiliza como base a B3, bolsa de valores oficial do Brasil. Este trabalho apresenta a construção de uma rede ponderada direcionada considerando as relações acionárias da classe ordinária na bolsa de valores. A utilização das ações da classe ordinária, isto é, ações cujos detentores deliberam sobre a atividade da companhia [Sarlo Neto et al. 2005] se justifica devido ao fato de que ações desta classe permitem uma possível influência nas decisões da empresa, ao contrário de ações de classe preferencial, cujos detentores têm prioridade no recebimento de dividendos.

O objetivo geral deste trabalho é investigar padrões e oferecer uma melhor compreensão das relações entre empresas e acionistas na B3. Para isso, são utilizadas diversas ferramentas da teoria de redes complexas, como análise da centralidade dos vértices, da organização da rede em comunidades e da

---

Copyright©2018 Permission to copy without fee all or part of the material printed in KDMiLe is granted provided that the copies are not made or distributed for commercial advantage, and that notice is given that copying is by permission of the Sociedade Brasileira de Computação.

influência dos vértices da rede. Diferentes abordagens para a definição da importância dos vértices são consideradas, algumas clássicas e outras mais alinhadas ao contexto do presente trabalho (extensão e ativos). Além disso, considera-se as definições de poder, influência e barganha exploradas por Verona et al. [2017]. As medidas de centralidade são utilizadas para simular a propagação da influência entre os elementos, considerando o modelo de difusão *Independent Cascade Model* (ICM).

## 2. CONCEITOS BÁSICOS

Esta seção apresenta alguns conceitos básicos necessários para uma melhor compreensão do presente trabalho.

### 2.1 Comunidades

Uma das propriedades topológicas mais importantes em uma rede é a organização de seus nós em comunidades, uma divisão dos nós em grupos com alta densidade interna e baixa densidade externa. A investigação de comunidades tem um papel fundamental em diversos contextos, como sociologia, economia e *marketing*. A noção de comunidade fica mais evidente à medida em que a diferença entre o número de arestas internas e externas aumenta. Frequentemente, a qualidade de uma estrutura de comunidade é medida através da modularidade ( $Q$ ), proposta por Newman and Girvan [2004], definida por

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left( A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(c_i, c_j), \quad (1)$$

onde  $k$  é o vetor de graus de uma rede de interesse,  $m$  é o número de arestas dessa rede,  $c(i)$  representa a comunidade do vértice  $i$  e  $\delta(.,.)$  é o delta de Kronecker, que retorna 1 se os operandos são iguais e 0, caso contrário.

Neste trabalho, utiliza-se o método de Newman and Girvan [2004], mais especificamente, utiliza-se uma implementação de alto desempenho do método de Newman que utiliza estruturas de dados eficientes e reduz operações desnecessárias no método, como proposto por Vieira et al. [2014].

### 2.2 Centralidade e influência

Uma questão importante que surge na análise da estrutura topológica das redes é: quais os nós mais importantes - ou centrais - em uma rede? A definição de centralidade pode ser considerada sob diferentes perspectivas [Moore and Newman 2000]. As medidas grau, *PageRank*, HITS e *Betweenness*, utilizadas neste trabalho, são apresentadas a seguir de maneira sucinta.

O grau é possivelmente a medida mais básica para avaliar a centralidade dos vértices de uma rede e leva em conta o seu número de vizinhos. Já o *PageRank*, proposto por Brin and Page [1998], é uma extensão do grau que considera não apenas o número de conexões de um vértice, mas também a qualidade dessas ligações. Assim, um vértice terá um *PageRank* alto se estiver ligado a outros vértices de *PageRank* alto. Também visando considerar a importância das ligações na definição da centralidade, o HITS foi proposto por Kleinberg [1998], utilizando dois componentes para definir a importância de um nó: *Authorities* e *Hubs*, de forma que bons *Hubs* são apontados por bons *Authorities* e bons *Authorities* apontam bons *Hubs*. Em uma linha diferente, a medida de *Betweenness* define a centralidade de um vértice como a capacidade de ligar os demais vértices de uma rede. Os vértices de maior centralidade são aqueles que interligam muitos outros em um menor caminho.

Além das medidas clássicas de centralidade, este trabalho considera a medida de poder sob a perspectiva proposta por Verona et al. [2017], que agrega as medidas de influência e barganha. No trabalho em que propõem a medida de poder em redes, Verona et al. [2017] avaliam relações no Congresso Nacional através de uma rede que representa o financiamento de campanha no Senado Federal. Para isso, as autoras definem a relação de poder como a diferença entre duas medidas: influência e barganha. Considerando que  $W$  é uma matriz, que representa os pesos das arestas em uma rede direcionada, da qual um elemento  $w_{ij}$  indica o peso de uma aresta  $(i, j)$ ,  $k^{out}$  é o vetor que

representa os graus de saída dos vértices da rede e  $k^{in}$  é o vetor que representa os graus de entrada dos vértices da rede, as medidas de influência e barganha entre dois vértices  $i$  e  $j$  podem ser definidas, respectivamente por

$$influencia_{ij} = \frac{W_{ij}}{k_b^{in}}, \quad (2)$$

$$barganha_{ji} = \frac{W_{ij}}{k_a^{out}}. \quad (3)$$

O poder pode, então, ser definido como a diferença entre a influência e a barganha:

$$poder_{ij} = influencia_{ij} - barganha_{ji}. \quad (4)$$

Uma relação de poder, conforme discutido por Verona *et al.*, torna-se mais evidente a partir do desequilíbrio entre a influência e a barganha em uma relação.

Pode-se esperar que a abordagem proposta por Verona *et al.* [2017] para a definição de influência nas relações do Congresso Nacional seja bastante adequada para a definição de relações na bolsa de valores, justificando sua adoção no presente trabalho. Entretanto, tradicionalmente na literatura, a noção de influência em redes tem uma conotação um distinta da apresentada pelas autoras, sendo mais frequentemente associada à ideia da capacidade de um vértice de difundir algo pela rede. Nesse sentido, o presente trabalho realiza uma comparação das noções de centralidade e influência relacional com a noção tradicional da literatura da influência.

Diversos modelos para simular o processo de difusão em redes podem ser encontrados na literatura. Neste trabalho, a propagação da influência é modelada através do *Independent Cascade Model*, proposto por Goldenberg *et al.* [2001]. O ICM é baseado na ativação de nós e na propagação de energia a partir de vértices e pode ser brevemente descrito da seguinte maneira. Parte-se de um conjunto inicial de vértices ativos, denominados sementes, escolhidos segundo algum critério conveniente. Se no tempo  $t$  um vértice  $i$  torna-se ativo, ele tem uma única possibilidade de tentar influenciar cada um de seus vizinhos  $j$ , até então inativos, no tempo  $t + 1$ . O sucesso da ativação de  $j$  tem uma probabilidade  $p_{i,j}$ . Além disso, se vários vizinhos de  $j$  se tornarem ativos no tempo  $t$ , suas tentativas para ativar  $j$  são sequenciadas em uma ordem arbitrária e, se um deles obtiver sucesso no tempo  $t$ , então  $j$  se tornará ativo no tempo  $t + 1$ ; no entanto, sendo  $i$  bem-sucedido ou não, ele não poderá fazer mais tentativas nos passos de tempo seguintes. O processo termina quando não há mais ativações possíveis.

### 3. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DA REDE

Neste trabalho, a análise das relações de empresas que operam na B3, bolsa de valores oficial do Brasil, é feita sob a perspectiva de um modelo de redes. Para isso, considera-se que cada vértice representa uma entidade, pessoa física ou jurídica, que é detentora de ações da classe ordinária na bolsa de valores. As arestas representam as participações acionárias entre as entidades. Como a relação é unidirecional, as arestas são direcionadas. Os pesos representam o volume da participação acionária. A rede foi gerada utilizando a listagem de composição acionária disponível no site da b3<sup>1</sup> em dezembro de 2017 e o histórico de cotações entre agosto e dezembro de 2017.

A porcentagem de participação, considerada para a definição dos pesos das arestas, foi ponderada pela média de cotações das ações da empresa no período observado, visando considerar a magnitude do volume financeiro negociado. Nos casos em que o histórico de cotações não estava disponível foi definido um peso arbitrário de valor muito pequeno para indicar que a relação entre os acionistas existe.

Optou-se pela utilização dos papéis da classe ordinária, representados pelo código 3 na bolsa de valores, devido ao fato de que detentores de papéis dessa classe podem participar de decisões relevantes

<sup>1</sup>[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-variavel/empresas-listadas.htm](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-variavel/empresas-listadas.htm)

na empresa. As participações preferenciais foram desconsideradas devido ao fato de que na maioria das corporações ações dessa classe não influenciam diretamente nas decisões da mesma.

Os pesos utilizados para quantificar as relações entre as empresas e acionistas foram gerados com base em três termos: a) Total de ações ordinárias emitidas; b) Porcentagem de ações ordinárias controlada; e c) média da cotação do período coletado. A Equação 5 descreve o peso  $W_{ij}$  de uma relação entre os vértices  $i$  e  $j$ :

$$W_{ij} = \left( \frac{P_{ij}^{on}}{100} * total_j^{on} \right) * cotacao_j^{on}, \quad (5)$$

onde  $P_{ij}^{on}$  indica a porcentagem de ações ordinárias controladas pelo acionista  $i$  na empresa  $j$ ,  $total_j^{on}$  indica a quantidade máxima de ações ordinárias emitidas e  $cotacao_j^{on}$  indica a cotação média das ações da empresa  $j$  no período observado.

### 3.1 Poder, influência e barganha como medidas de avaliação de vértices

Conforme discutido por Verona *et al.* [2017], o poder é uma definição que se aplica a cada relação, ou seja, cada relação entre dois elementos  $i$  e  $j$  pode ser caracterizada pela influência que  $i$  exerce sobre  $j$  e pela barganha que  $j$  tem com  $i$ . O poder pode ser observado através da análise da diferença entre a influência e a barganha nessa relação. Por outro lado, o presente trabalho tem sua metodologia de análise baseada nos vértices, que representam os detentores de ações na bolsa de valores. A análise sobre as relações é feita de maneira indireta, a partir da observação de padrões de comportamento dos elementos. Por isso, as medidas de poder, influência e barganha foram adaptadas de forma que possam ser aplicadas sobre os vértices.

No contexto do presente trabalho, as medidas de influência e barganha de uma relação entre um acionista  $i$  e uma empresa  $j$  podem ser interpretadas, respectivamente, como a influência de um acionista sobre a empresa e a barganha da empresa sobre um acionista. Na análise da rede da bolsa de valores, a medida de influência de cada vértice foi tratada como a influência que um vértice possui em todas as suas relações. Assim, pode ser interpretada como a influência que um elemento possui na bolsa de valores como um todo. De maneira análoga, a barganha de um indivíduo específico foi tratada como a média das barganhas que outros indivíduos têm com ele. Para uma empresa, pode, então, ser interpretada como a barganha dos conselhos em relação à empresa. O poder continua sendo calculado como a diferença entre influência e barganha, mas pode ser interpretado como o desequilíbrio entre a influência do acionista e a barganha dos conselhos na rede como um todo.

### 3.2 Outras medidas para avaliação de vértices

Além das medidas clássicas (grau, PageRank, HITS e betweenness) e das medidas de poder, influência e barganha, foram consideradas neste trabalho outras medidas, mais específicas ao contexto investigado: valor de ativos e extensão.

O valor de ativo quantifica a importância de um vértice com base no valor de mercado dos papéis de classe ordinária negociados para essa empresa. O valor de mercado de um vértice é, então, calculado através da multiplicação da cotação média pelo total de ações controlada pelo acionista.

A extensão tem como objetivo avaliar a capilaridade das relações das organizações presentes na bolsa de valores e reflete o tamanho do fecho de um vértice, ou seja, o número de vértices atingidos direta ou indiretamente por ele. A aplicação desta medida foi motivada pelo desejo de investigar o número de vértices potencialmente atingidos por uma possível decisão ou transferência de recursos em uma empresa, representada como um nó da rede. Pode ser também utilizada para identificar a profundidade das relações de uma empresa dentro da bolsa, ou seja, o quão profundo são as suas raízes financeiras dentro do mercado de ações.

## 4. EXPERIMENTOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta uma série de experimentos realizados com o objetivo de analisar a relação das empresas que operam na B3 através de uma rede construída a partir da metodologia apresentada na Seção 3 e discussões a partir dos resultados obtidos. Após uma descrição das características gerais da rede construída, as medidas de importância são comparadas através de uma análise de correlação. Em seguida, realiza-se um estudo da estrutura de comunidades identificada para os nós da rede. Considerando diferentes medidas de centralidade, são gerados *ranks*, utilizados como base para a análise da robustez da rede e para um estudo sobre a propagação de influência, utilizando um modelo de difusão.

### 4.1 Descrição geral da rede

A rede construída para modelar as relações acionárias na B3 é direcionada e com peso. Tomando como base a rede completa, é possível observar, como número de vértices e de arestas, respectivamente,  $n = 2438$  e  $m = 2347$ . A rede possui 186 componentes conectadas e, com o objetivo de tornar a análise e as conclusões obtidas mais significativas, considera-se, no restante do trabalho, apenas a componente gigante, ou seja, a componente com o maior número de vértices.

A componente gigante, tratada no restante do trabalho como a rede B3, possui  $n = 1142$  vértices e  $m = 1239$  arestas, com grau médio  $\hat{k} = 1.08$ . Assim, uma característica bastante marcante da rede B3 é a sua alta esparsidade e a ausência de ciclos, fazendo que a rede possa ser enxergada como uma árvore, caso as direções das arestas sejam ignoradas. A ausência de ciclos indica ausência de referência acionária cruzada, ou seja, não existe uma situação na qual uma Empresa  $i$  é acionista da Empresa  $j$  e a Empresa  $j$  é acionista da Empresa  $i$ . Uma possível explicação para esse efeito é o fato de que esses cruzamentos são, na prática, realizados por meio da utilização de empresas subsidiárias que possuem nomes e composição acionária diferentes.

Realizando uma análise mais detalhada nos graus dos vértices, descobre-se que a rede B3 possui como grau máximo de entrada  $k^{in}max = 51$  e como grau máximo de saída  $k^{out}max = 34$ .

### 4.2 Análise da estrutura de comunidades da rede B3

Para analisar a estrutura de comunidades da rede B3, as arestas direcionadas foram transformadas em arestas não-direcionadas, apenas eliminando sua direções. A estrutura de comunidades foi identificada pelo método espectral de Newman and Girvan [2004], mais especificamente, utilizando a metodologia desenvolvida por Vieira *et al.* [Vieira et al. 2014]. Foram identificadas 34 comunidades, que se organizam de maneira bastante modular, com a modularidade  $Q = 0.8556$ . A Figura 1 apresenta uma representação gráfica das comunidades encontradas.

Nota-se que há um padrão bastante claro na organização das comunidades, com alguns nós mais centrais e outros mais periféricos, que se relacionam com os nós centrais. Com o objetivo de permitir uma análise mais aprofundada da estrutura de comunidades na rede B3, a Figura 2 apresenta recortes mais aproximados de duas comunidades arbitrárias isoladas, com anotações dos nomes das empresas e detentores de ações.

Na comunidade representada pela Figura 2(a), o BNDES pode ser identificado como um importante elemento, servindo como centro. Outras empresas, como Petrobras, JBS e a própria União Federal orbitam em torno do BNDES e são subcentros de suas respectivas periferias. Na comunidade representada pela Figura 2(b), observa-se uma bipolarização dos centros, que fica dividida entre ITAUSA e DURATEX, posicionados na mesma comunidade devido a um elevado número de acionistas em comum. Destaca-se, também, o vértice que representa a ALPARGATAS e possui uma série de vértices em torno de si.

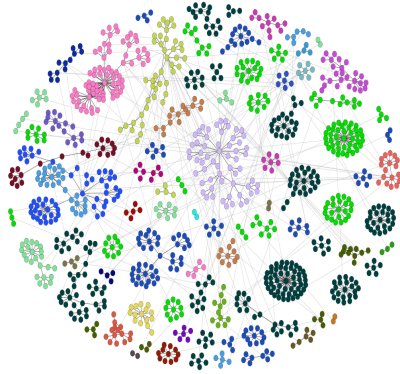
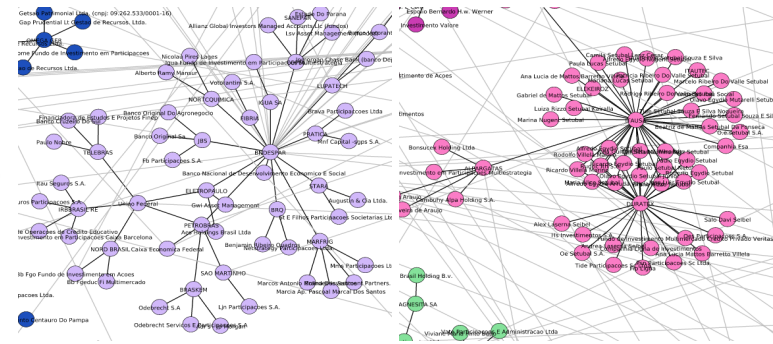


Fig. 1. Divisão da rede B3 em comunidades.



(a) Comunidade isolada 1.

(b) Comunidade isolada 2.

Fig. 2. Exemplos de comunidades de rede B3.

#### 4.3 Caracterização da importância de vértices na rede

A importância dos vértices na rede B3, que representam empresas e detentores de ações de empresas, foi aferida utilizando cada uma das medidas apresentadas na Seção 3. Alguns dos resultados mais relevantes obtidos a partir dessa análise são apresentados e discutidos nessa seção.

Considerando a concentração de ativos financeiros, observou-se que as organizações financeiras seguidas do governo federal e empresas estatais são as que mais se destacam. Dentre elas, o Banco Itaú Unibanco possui um valor de ativo superior R\$ 100 Bi e a União com valor de ativo superior a R\$ 140 Bi.

Quando leva-se em conta as relações, a maneira mais direta de avaliar a importância de um vértice é através de seu grau. Na direção de entrada, destaca-se a CEDRO, do setor têxtil, que tem entre seus 51 acionistas, 50 pessoas físicas. A CTC, por outro lado, tem como a maioria dos seus 43 acionistas, empresas ligadas ao agronegócio. Na direção de saída, o topo do *rank* é dominado por empresas ligadas ao mercado financeiro. Um claro destaque é o BNDES que detém ações de 34 empresas, incluindo algumas de grande relevância, como JBS, Petrobras, Eletrobras e Oi.

Em relação ao PageRank, observa-se que as empresas que mais se destacaram foram empresas do ramo financeiro como ITAUSA, ITAUUNIBANCO, MONT ARANHA seguidas de empresas do setor de logística e agroalimentar. Essas empresas, além de receberem um grande volume de investimentos, recebem investimentos de empresas também importantes. O fato de empresas do ramo financeiro serem bem classificadas segundo o PageRank é bastante coerente com a noção intuitiva que o investimento em empresas desse tipo pode ser estrategicamente fundamental para outras empresas financeiras e empresas de outros ramos, como mineração. O forte investimento recebido por empresas do ramo logístico também é bastante razoável, quando observa-se o forte interesse de empresas dos mais variados setores.

A aplicação do HITS origina duas medidas: hub e authority. Analisando os resultados obtidos, nota-se que as primeiras posições do *rank* de melhores hubs são basicamente dominadas por empresas do ramo financeiro, como IUPAR, ITAUSA e Companhia Ligna de Investimentos, o que é bastante razoável quando considera-se a natureza de atuação das empresas e o mecanismo de funcionamento da medida. Já as primeiras posições do *rank* de melhores authorities apresentam empresas como Duratex, Alpargatas e TOTVS, voltadas para o setor produtivo.

O *rank* de betweenness apresentou, no topo, empresas do setor financeiro, de energia e de logística. Com a utilização dessa medida, foi possível observar, também, uma grande participação de organizações estatais e de capital misto, entre as quais aparecem ELETROBRAS, BNDESPAR e CEMIG. Isso indica que tais empresas podem ser consideradas boas pontes na rede B3.

Além disso, a observação da capilaridade das empresas, quantificada pela medida de extensão, revelou que bancos de investimentos, organizações financeiras e a própria União são as organizações com maior alcance dentro da bolsa de valores.

Algumas observações podem ser feitas apartir dos *ranks* de poder, influência e barganha. Primeiramente, nota-se que a Companhia Paulista de Força e Luz é a que mais se destaca em influência e barganha. Quando a medida de influência é considerada isoladamente, destacam-se outras empresas relacionadas a energia, como a Light, e os Estados de MG e ES, evidenciando que medidas tomadas por estes agentes tem um enorme potencial de causar grande impacto na rede. Por outro lado, o *rank* de barganha tem, em suas primeiras colocações, empresas de ramos bastante diversificados, como a BIOSEV (agronegócios), IOCHPE-MAXION (equipamentos automotivos), MULTIPLAN (shopping centers) e PRUMO (logística). Já as primeiras posições do *rank* de poder são dominadas pela COSAN e COSAN LTD, com atuação diversificada nas áreas de logística, energia, financeira e infraestrutura.

Os *ranks* gerados são bastante distintos, embora alguns ramos de atuação de empresas sejam recorrentes nas primeiras posições dos *ranks*, principalmente financeiro, energia e logística. Com o objetivo de comparar as medidas de centralidade na rede B3, a Figura 3 apresenta uma matriz de correlação entre os *ranks* gerados para as diferentes medidas. Para a construção da matriz, foi considerado o coeficiente de Spearman, bastante adequado para a comparação de *ranks*. Os valores em cada posição da matriz indicam o coeficiente de Spearman obtido para cada par de *ranks*.

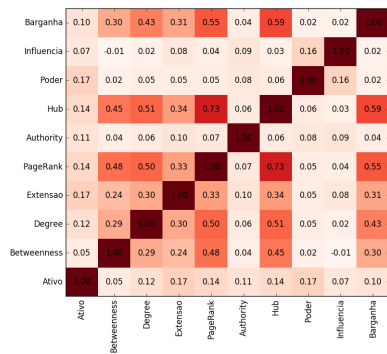


Fig. 3. Correlação das medidas de centralidade investigadas.

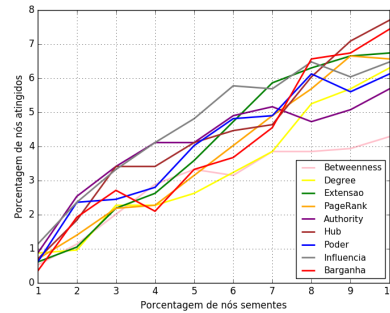


Fig. 4. Análise de influência na rede B3.

De fato, a maior parte dos pares de *ranks* apresenta correlação bastante fraca. A correlação mais forte observada na Figura 3 ocorre entre as medidas PageRank e Hub (0.73), mas um resultado mais interessante pode ser observado na comparação entre a medida de barganha e as medidas PageRank e hub (0.55 e 0.59). Essas correlações, mesmo não sendo muito fortes, indicam que um vértice que aponta para vértices importantes tem uma boa barganha nas relações, possivelmente por diversificar suas atuações, o que é bastante coerente com a noção intuitiva que se pode ter do cenário estudado.

#### 4.4 Análise de influência na rede B3

A centralidade foi utilizada como critério para a seleção de sementes em um modelo de propagação de influência, no sentido de um problema de difusão: o Independent Cascade Model (ICM). Assim, cada medida pode ser avaliada pelo seu potencial em espalhar algum elemento, seja uma injeção de capital, valorização em ações ou adoção de medidas estratégicas. A Figura 4 apresenta um resumo dos resultados obtidos nesta etapa da análise. O eixo-*x* representa o número de sementes consideradas para ativação no ICM. O eixo-*y* representa o número de nós atingidos em cada execução. Cada linha representa o resultado considerando um critério. Como se trata de um algoritmo não-determinístico, o ICM foi executado 100 vezes para cada critério de escolha e cada número de sementes. Também é

importante dizer que o parâmetro que controla a probabilidade de ativação de um nó  $i$  em um nó  $j$  foi definido como o peso da aresta  $(i, j)$ , ou seja, da participação acionária de  $i$  em  $j$ .

A Figura 4 mostra que, para uma porcentagem de sementes próxima de 10, hub e barganha são eficientes em definir boas sementes. Além disso, a medida de influência é bastante eficiente para a definição de boas sementes, corroborando as observações de Verona et al. [2017] para sua definição.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresenta uma investigação das relações entre empresas e detentores de ações na bolsa de valores do Brasil. A análise foi realizada sob o ponto de vista de redes complexas, sendo os elementos (empresas e detentores de ações) representados através de vértices e as participações acionárias representados através de arestas. As relações ocorridas na rede B3 foram investigadas sob diferentes pontos de vista, considerando a comparação direta entre diversos *ranks* de centralidade, a estrutura de comunidades, a robustez e a propagação de influência. Os resultados obtidos mostram que há, na bolsa de valores, uma enorme importância de fundos de investimento, qualquer que seja a perspectiva utilizada para a definição dessa importância. Nota-se também que a indicação dos elementos principais na rede B3 é muito sensível à definição que se adota para defini-la. Além disso, percebe-se uma forte estrutura de comunidades na rede B3, com um padrão de formação bastante pronunciado: alguns poucos elementos centrais e diversos outros elementos orbitando em torno deles. Como trabalhos futuros, pretende-se investigar mais a fundo a atuação das empresas no mercado, com o objetivo de melhor compreender o impacto de suas decisões na economia do país. Pretende-se, também, relacionar a atuação de congressistas brasileiros com a rede B3 a fim de compreender como votações no Congresso Nacional podem influenciar e ser influenciadas pelo mercado de ações.

### Agradecimentos

Os autores agradecem às agências FAPEMIG e CNPq pelo auxílio financeiro.

### REFERENCES

- BRIN, S. AND PAGE, L. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Comput. Netw. ISDN Syst.* 30 (1-7): 107–117, Apr., 1998.
- CAPORALE, G., HOWELLS, G., SOLIMAN, A. M., ET AL. Stock market development and economic growth: the causal linkage. *Journal of economic development* 29 (1): 33–50, 2004.
- GOLDENBERG, J., LIBAI, B., AND MULLER, E. Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth. *Marketing Letters*, 2001.
- HUANG, W.-Q., ZHUANG, X.-T., AND YAO, S. A network analysis of the chinese stock market. *Phys A: Statistical Mechanics and its Applications* 388 (14): 2956 – 2964, 2009.
- KLEINBERG, J. M. Authoritative sources in a hyperlinked environment. In *In Proceedings of the ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 1998.
- MOORE, C. AND NEWMAN, M. E. J. Epidemics and percolation in small-world networks. *Phys. Rev. E* vol. 61, pp. 5678–5682, 2000.
- NEWMAN, M. E. J. AND GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E: Statistical, nonlinear and soft matter physics* 69 (2), Feb., 2004.
- SARLO NETO, A., TEIXEIRA, A. J. C., LOSS, L., AND LOPES, A. B. O diferencial no impacto dos resultados contábeis nas ações ordinárias e preferenciais no mercado brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças* 16 (37): 46–58, 2005.
- TABAK, B. M., SERRA, T. R., AND CAJUEIRO, D. O. Topological properties of stock market networks: The case of brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 389 (16): 3240 – 3249, 2010.
- VERONA, L. V., OLIVEIRA, J. O., AND CAMPOS, M. L. Métricas para análise de poder em redes sociais e sua aplicação nas doações de campanha para o senado federal brasileiro. In *Congresso da Soc. Brasileira de Computação*, 2017.
- VIEIRA, V., XAVIER, C., EBECKEN, N., AND EVSUKOFF, A. Performance evaluation of modularity based community detection algorithms in large scale networks. *Mathematical Problems in Engineering* vol. 2014, pp. 1–15, Dec., 2014.
- XIA, L., YOU, D., JIANG, X., AND GUO, Q. Comparison between global financial crisis and local stock disaster on top of chinese stock network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* vol. 490, pp. 222 – 230, 2018.