

# Caracterização de Padrões Estruturais de Redes Polarizadas

Pedro H. Calais Guerra, Wagner Meira Jr.

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Belo Horizonte, MG, Brazil

{pcalais,meira}@dcc.ufmg.br

**Abstract.** *Polarized networks are social networks that are increasingly gaining attention from researchers, social scientists and marketing agents. Such networks are found in many contexts in which individuals organize themselves into opposing groups, since they have ideas, goals and viewpoints which are conflicting. Such networks are found in relevant contexts such as Politics, Sports and many polemic topics debated on our society. However, in the literature we do not find an accurate and coherent definition of what a polarized network is. In this work, we show that the currently accepted conceptualization of a polarized network – networks which exhibit communities with high degree of cohesion – is not enough to classify a network as a polarized network, since that non-polarized networks (such as friendship networks) also exhibit such property. Our major contribution is to demonstrate that polarized networks exhibit an additional structural characteristic – low density on the overlap of polarized communities.*

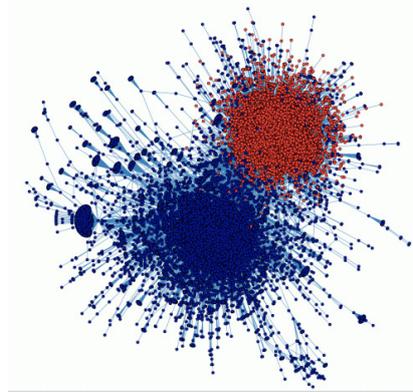
**Resumo.** *Redes polarizadas constituem um tipo de rede social que vem ganhando uma crescente atenção de pesquisadores, cientistas sociais e agentes de marketing. Tais redes se manifestam em diversos contextos em que indivíduos se organizam em grupos que se opõem uns aos outros, por terem objetivos, ideias e visões que conflitam entre si, e podem ser observadas em contextos relevantes como Política, Esportes e temas polêmicos que estimulam o debate da sociedade. No entanto, não há, na literatura, uma análise precisa e coerente das características estruturais de uma rede polarizada. Neste trabalho mostramos que o conceito vigente de rede polarizada – redes que contam com grupos de usuários com alta coesão interna – não é suficiente para que classifiquemos uma rede como polarizada, uma vez que redes não-polarizadas (como redes de amigos) também apresentam essa propriedade. Nossa principal contribuição é demonstrar que redes polarizadas exibem uma característica estrutural adicional – baixa densidade de arestas na fronteira das comunidades.*

## 1. Introdução

Em diversos contextos, grupos de indivíduos se dividem em segmentos que se opõem um ao outro, por terem objetivos, ideias e visões que conflitam entre si. Este fenômeno - conhecido como *polarização*, é bastante estudado por cientistas das áreas de Sociologia e Psicologia como o processo que leva grupos sociais a se dividirem em dois sub-grupos que fazem **oposição** entre si, e em que poucos membros se mantêm neutros ou em uma posição intermediária em relação a esses grupos [Yardi and Body 2010, Sunstein 2002].

Polarização entre indivíduos e suas opiniões se manifestam em diversos contextos relevantes, como Política e Esportes [Guerra et al. 2011] e ao redor de diversos temas polêmicos que estimulam o debate na sociedade, como aborto e cotas raciais [Yardi and Body 2010]. Uma das razões para as quais compreender e medir a polarização em um determinado contexto de discussão é fundamental é o fato de que, em um debate conhecidamente polarizado, espera-se um alto grau de *viés* nas opiniões emitidas pelos indivíduos envolvidos [Guerra et al. 2011, Plous 1993], o que sinaliza que as opiniões não devem ser consideradas sem uma consideração de *quem* as emite.

Dada a relevância dos contextos em que polarização se manifesta, diversos trabalhos da área de Ciência da Computação e Análise de Redes Sociais investigam redes sociais online consideradas polarizadas, sobretudo no contexto político [Conover et al. 2011, Adamic and Glance 2005, Livne et al. 2011, Guerra et al. 2011]. Em geral, a literatura de Ciência da Computação considera uma rede social como *polarizada* quando os nós de um grafo social podem ser particionados em grupos que apresentem alta **coesão**, de acordo com algum critério que estabeleça que o grau de conectividade dentro do grupo é **alto** e o grau de conectividade do grupo com membros externos é **baixo** (a partir de métricas como *condutância* [Kannan et al. 2004] e *modularidade* [Newman 2006]). De fato, uma rede polarizada, como a rede de *retweets* sobre Política obtida a partir do Twitter por [Conover et al. 2011] e exibida na Figura 1, usualmente exibe uma alta coesão em seus grupos: devido ao princípio da homofilia, pessoas com gostos, aptidões, desejos e posições similares tendem a formar laços sociais entre si com probabilidade maior do que com pessoas de características distintas [McPherson et al. 2001].



**Figura 1. Rede polarizada extraída de [Conover et al. 2011] a partir de dados do Twitter, mostrando dois grupos com alta coesão (Republicanos e Democratas). Arestas representam *retweets*.**

Neste trabalho, argumentamos que o critério de polarização que é correntemente considerado como condição que identifica uma rede polarizada – alta densidade dentro de grupos e baixa conectividade entre os grupos – não é suficiente para que uma rede seja classificada como polarizada, uma vez que redes sociais não-polarizadas (como redes de amigos) também apresentam essa propriedade, mesmo que em intensidade um pouco inferior. Isto posto, buscamos responder à seguinte pergunta fundamental: redes polarizadas, isto é, em que há **oposição** entre os membros dos diversos grupos, diferem de redes não-polarizadas apenas pela intensidade com que os grupos são coesos, ou existe algum padrão estrutural mais forte, que indique de forma mais pragmática e definitiva que

há polarização (isto é, oposição entre grupos) em uma rede social?

Nossos resultados mostram que há, de fato, uma diferença estrutural marcante entre redes polarizadas e não-polarizadas, ainda não explorada em modelos de análises de redes sociais: a **a densidade de arestas na sobreposição** entre as comunidades/grupos. A maior parte dos trabalhos que propõem algoritmos para detectar comunidades em grafos consideram que não há sobreposição entre os grupos, ou seja, que cada nó pertence exclusivamente a uma comunidade, como no exemplo da Figura 1. No entanto, como demonstrado em trabalhos mais recentes, comunidades reais, encontradas em grandes grafos, tendem a apresentar comunidades com *sobreposição* (*overlapping communities*) [Palla et al. 2005, Leskovec 2011]. Isso significa que os nós podem participar de mais de uma comunidade, simultaneamente. Essa característica é bastante esperada, já que, no mundo real, as entidades usualmente são multi-comunidades: um indivíduo participa da comunidade da sua família, dos amigos da escola e da empresa; um pesquisador pode estar simultaneamente conectado à comunidade de Mineração de Dados, Aprendizado de Máquina e Bancos de Dados. Nesse sentido, a Figura 1 é simplista no sentido de considerar que todos os usuários que *retuitaram* mensagens durante a disputa eleitoral no Congresso Norte-Americano em 2010 eram exclusivamente democratas ou republicanos, quando sabe-se que há usuários independentes, sem opinião formada ou, ainda, que propagam informação e são propagados por ambos os pólos de discussão, como (alguns) órgãos de imprensa.

Nossa abordagem para caracterizar diferenças estruturais entre redes polarizadas e não-polarizadas investiga as características da rede na fração sobreposta das comunidades; como demonstraremos, ao contrário de redes não-polarizadas, nas redes polarizadas a densidade de arestas é **menor** na parte sobreposta das comunidades. Acreditamos que o trabalho dá um passo importante no sentido de diferenciar padrões estruturais entre tipos de redes, a partir da análise da estrutura de redes de *blogs*, Twitter e a partir da comparação com resultados de trabalhos recentes de outros pesquisadores. O trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 discute trabalhos relacionados. Na Seção 3, discutimos a conceituação de rede polarizada e propomos métricas de redes sociais para determinar o grau de polarização de uma rede social. Na Seção 4, discutimos aplicações e tarefas relevantes que se manifestam em redes polarizadas. Finalmente, as conclusões são apresentadas na Seção 5.

## 2. Trabalhos Relacionados

A *Análise de Redes Sociais* é um conjunto de modelos, algoritmos e métricas desenvolvido para sumarizar, interpretar e atuar sobre redes sociais – o grafo de relações e interações entre pessoas, entidades e objetos. Diversas propriedades estruturais de redes sociais (tanto *online* quanto *offline*) foram mapeadas nas últimas décadas e geraram modelos que descrevem as redes de acordo com sua estrutura (ou seja, como os nós e arestas se interconectam), como *small-world* [Watts 1999] e *scale-free* [Barabasi 2003], bem como a forma como essa estrutura evolui ao longo do tempo [Leskovec et al. 2005]. Esses modelos têm diversas aplicabilidades, por serem materializações de teorias sociológicas em grande escala e por permitir que a comunicação em rede seja otimizada de modo a favorecer a difusão de conhecimento em rede e a construção de serviços e aplicações que melhor aproveitem a estrutura conectada das redes sociais de grande escala [Easley and Kleinberg 2010].

No entanto, ainda são incipientes modelos que consigam atuar, prever explorar a estrutura de redes sociais criadas a partir de cenários em que há um debate altamente polarizado, como Política, Esportes e temas polêmicos em geral. Na realidade, diversos trabalhos caracterizaram redes *online* polarizadas, principalmente no contexto político. Porém, nesses trabalhos a rede é considerada “polarizada” mais devido a obviedade do domínio do que pela existência de um conjunto de critérios que definam o que é uma rede polarizada. Em particular, são consideradas medidas de coesão de comunidades, como *modularidade* e *condutância*, para, empiricamente, comprovar a polarização da rede [Waugh et al. 2009, Conover et al. 2011, Guerra et al. 2011, Livne et al. 2011, Adamic and Glance 2005].

Este trabalho busca determinar características fundamentais da estrutura de grafos polarizados, a fim de se subsidiar e gerar modelos específicos para esse tipo de rede. Assim como a elaboração de modelos de geração de grafos sociais como *small-world* permitiram à área de redes sociais compreender a estrutura de uma vasta gama de redes sociais, aprofundar o entendimento do que caracteriza uma rede polarizada permitirá a geração de modelos mais realistas e úteis.

### 3. Características Estruturais de Redes Polarizadas

Na Figura 2, exibimos dois grafos sociais de naturezas distintas. No grafo da Figura 2(a), extraído de [Adamic and Glance 2005], os nós representam *blogs* sobre temas políticos durante as Eleições Presidenciais nos Estados Unidos, em 2004. A Figura 2(b) mostra as relações de uma rede social de amigos extraída do Facebook<sup>1</sup>. Desconsiderando a estrutura do grafo, esperamos que a primeira rede seja polarizada: o debate político é um dos contextos onde oposição entre grupos mais claramente se manifesta [Guerra et al. 2011]. Na segunda rede, não esperamos que haja polarização.

No entanto, note que, ao menos visualmente, as duas redes apresentam uma característica estrutural bastante semelhante: ambas são constituídas de dois grupos (comunidades) coesas, com alta conectividade interna e com poucas arestas conectando uma comunidade à outra. Na primeira rede, as comunidades são os partidos norte-americanos (Republicanos e Democratas); na segunda rede, os grupos são comunidades profissional (laranja, em cima) e da universidade (verde, embaixo). A comparação entre esses dois grafos nos leva a observação de que *a alta coesão dos grupos é uma condição necessária, mas não suficiente para que uma rede seja polarizada*. Essa observação parte do fato de que redes sociais “gerais”<sup>2</sup> **também** apresentam alta coesão de comunidades. Ainda que a densidade interna das arestas seja maior no Grafo da Figura 2(a), isso torna a diferenciação entre redes polarizadas e não-polarizadas dependente de um limiar de coesão que não pode ser facilmente determinado. O quanto é “alta coesão” para que uma rede seja decretada como polarizada? Este limiar depende do tipo de mídia social? Além disso, métricas clássicas de coesão de comunidades como *condutância* e *modularidade* combinam na mesma equação a coesão interna dos grupos com a conectividade do grupo com nós externos [Kannan et al. 2004], o que faz com o que o resultado da medição de coesão misture a intensidade da força das ligações internas do grupo com a oposição aos

---

<sup>1</sup>grafo extraído a partir do perfil do autor deste artigo, utilizando a ferramenta *Challenger Network Graph*. Os nós são amigos do autor, e as arestas representam amizades entre esses amigos.

<sup>2</sup>redes que não são sobre tópicos específicos, como Política. Exemplo: Facebook, Orkut, Google+.

membros do outro grupo. Por exemplo, a *condutância* computa a razão entre a soma dos graus dos nós do grupo e o número de arestas que ligam membros do grupo com outros grupos; quanto menor a condutância, maior a coesão da rede. Essa combinação de fatores na métrica dificulta a identificação do indicativo mais significativo de polarização – a **oposição** entre os grupos.

Neste trabalho, buscamos uma **característica estrutural** que evidencie e diferencie de forma mais significativa e definitiva redes polarizadas de redes não-polarizadas. Na subseção seguinte, identificaremos um padrão estrutural que é capaz de identificar se há polarização em uma rede social.

### 3.1. Densidade na Fronteira entre Comunidades

A característica estrutural que propomos como evidência de polarização/não-polarização em uma rede social é a **densidade de arestas na fração sobreposta das comunidades**. Como discutido na Seção 1, em redes sociais de grande escala as comunidades são sobrepostas, isto é, um nó pode participar simultaneamente de mais de uma comunidade [Leskovec 2011, Palla et al. 2005]. A hipótese que investigamos neste trabalho é que a parte sobreposta das comunidades esconde importantes padrões de *interação* entre os grupos. A densidade interna de arestas de uma comunidade, por outro lado, revela informações sobre o quanto o grupo é “coeso” e os laços sociais são intensos dentro do grupo, mas uma alta densidade interna não traz informações sobre como um grupo interage com o outro. A definição sociológica de polarização afirma claramente que há polarização quando os grupos se **opõem** [Sunstein 2002].

Dessa forma, elaboramos a hipótese de que a “fronteira” sobreposta entre as comunidades, por se tratar de uma porção do grafo social em que as comunidades interagem, pode esconder uma informação valiosa que forneça *insights* mais claros sobre a presença de polarização na rede. Em particular, avaliamos a densidade de arestas na porção sobreposta das redes. A Tabela 1 exhibe, para os Grafos da Figura 2, uma medida de coesão interna (densidade de arestas dentro do grupo) e da densidade de arestas na fronteira entre as comunidades, isto é, entre os nós que participam de mais de uma comunidade. Para determinar a(s) comunidade(s) em que cada nó participa, utilizamos a classificação manual já realizada por [Adamic and Glance 2005] para o Grafo da Figura 2(a) e, para o Grafo da Figura 2(b), utilizamos também uma classificação manual, dado o número relativamente baixo de nós. A densidade de arestas para um conjunto de nós foi computada como a razão entre o número de arestas existentes conectando nós do grupo e o número de arestas possíveis considerando o número de nós de cada grupo/fronteira. Por exemplo, se há 5 nós na fronteira entre duas comunidades, o número de arestas possíveis é  $C(5, 2) = 5 * (5 - 1) / 2 = 10$ . Caso esta fronteira tenha 4 arestas internconectando seus nós, a densidade será  $4 / 10 = 0,4$ .

A Tabela 1 mostra que, embora as comunidades em cada grafo sejam densas (densidade 0.41 e 0.33, para os grafos da Blogosfera Política e Amigos do Facebook, respectivamente), há uma diferença marcante entre os dois grafos: a densidade no grafo da Blogosfera Política é **menor** na fronteira entre as comunidades, e **maior** no grafo do Facebook. Isso significa que, na blogosfera política, os usuários neutros têm menos incentivo para formar relações (densidade diminuiu de 0,41 para 0,11); no grafo de amizade/Facebook, os usuários que pertencem a mais de uma comunidade (trabalho/estudo)

**Tabela 1. Comparação de Características Estruturais dos Grafos da Figura 2.**

	<b>densidade interna média dos grupos</b>	<b>densidade na fronteira</b>
grafo blogosfera política	0,41	0,11
grafo Facebook – amigos	0,33	0,42

têm mais arestas entre si em relação aos indivíduos que participam exclusivamente de um grupo (densidade aumentou de 0,33 para 0,42). A fim de avaliar para mais redes se este padrão estrutural se sustenta, avaliaremos, na próxima subseção, algumas redes sociais obtidas a partir do Twitter e mediremos a intensidade das relações na fronteira entre as comunidades, bem como ofereceremos possíveis explicações que justifiquem esta diferença.

### **3.2. Redes Polarizadas – Twitter**

Nesta subseção, analisamos 3 redes potencialmente polarizadas – geradas a partir de debates de tópicos polêmicos no Twitter – e avaliamos o padrão estrutural da fronteira das comunidades obtidas, com o objetivo de verificar se o padrão observado na Seção 3.1 é consistente em outras mídias sociais e contextos. A seguir, descreveremos como os dados foram coletados e, em seguida, os resultados de nossas medições.

O Twitter é a mais popular plataforma de *microblogging*, permitindo a qualquer usuário enviar mensagens curtas que instantaneamente são tornadas disponíveis aos usuários que “seguem” o autor da mensagem [Kwak et al. 2010]. Desde que o serviço foi lançado, em 2006, milhões de usuários escreveram mais de 10 bilhões de “tweets” (como as mensagens são conhecidas no Twitter). Essas mensagens incluem comentários sobre a vida pessoal, e também opiniões sobre temas polêmicos [Kwak et al. 2010, Guerra et al. 2011].

Neste trabalho, consideramos dois tópicos populares que geram bastante discussão no Twitter e nas mídias sociais em geral: política e esportes. Em relação ao contexto político, consideramos usuários que postaram mensagens sobre as Eleições Presidenciais Brasileiras de 2010. No contexto esportivo, coletamos *tweets* sobre dois campeonatos esportivos: o Campeonato Brasileiro de 2010 e 2011 e o Campeonato de Futebol Americano 2010-11 e 2011-12 (NFL). A Tabela 2 fornece informações gerais sobre os três conjuntos de dados. Em todos os casos, as mensagens foram coletadas por meio da API do Twitter<sup>3</sup>. No contexto político brasileiro, utilizamos os nomes dos três principais candidatos (Dilma Rousseff, José Serra e Marina Silva) como palavras-chave de coleta. Nos contextos esportivos, utilizamos como palavras-chave o nome das equipes mais populares (12 do futebol brasileiro e 22 da NFL).

Para cada um dos 3 cenários, montamos um grafo social em que as arestas denotam *retweets* entre usuários, e comunidades foram obtidas a partir do método proposto em [Guerra et al. 2011]<sup>4</sup>. A Figura 3 exhibe a variação na densidade de arestas de acordo com o número  $K$  de grupos os quais os membros da rede participam. Por exemplo,

<sup>3</sup>disponível em <http://apiwiki.twitter.com/>.

<sup>4</sup>O método escolhe *a priori* a comunidade de usuários-chave (como o perfil oficial de candidatos a eleição e perfis oficiais de futebol) e computa a distância dos nós a esses usuários-chave. Usuários neutros são próximos a mais de um usuário-chave simultaneamente.

**Tabela 2. Descrição Geral dos *Datasets* considerados (Twitter).**

	<b>Futebol Brasileiro</b>	<b>NFL</b>	<b>Eleições Brasileiras – 2010</b>
período	05/2010 a 12/2010	01/2010 a 02/2011	01/2010 a 12/2010
tópico	esporte	esporte	política
# de entidades-chave (polos)	12	22	3
# de <i>tweets</i>	35.834.453	23.094.280	10.173.381
# usuários no grafo	348.752	171.121	18.744

$P(Aresta|K = 2)$  computa a probabilidade de haver uma aresta entre usuários que participam da comunidade de apoiadores da candidata Dilma Rousseff (em 2010) e também da comunidade do candidato José Serra (ou seja, usuários neutros). Nos contextos esportivos,  $K$  pode ser maior que 2, já que usuários podem participar da comunidade de várias equipes simultaneamente.

Para fins de comparação, apresentamos também as medições de  $P(Aresta|K)$  obtidas no trabalho recente de Jure Leskovec [Leskovec 2011]. Este trabalho examinou a densidade na fronteira de comunidades de mais de 200 redes sociais “gerais”, obtidas a partir de sistemas como Facebook, Orkut e redes de citações de publicações.

Note que  $P(Aresta|K)$ , isto é, a probabilidade que haja uma aresta entre dois nós compartilhando  $K$  grupos, exibe um padrão fundamentalmente diferente conforme  $K$  aumenta, nos dois tipos de rede analisados: para as redes sociais gerais, analisadas em [Leskovec 2011], note que a probabilidade de haver uma aresta entre dois nós **umenta** conforme a sobreposição no número de grupos comuns aos pares de nós aumenta. Por outro lado, nas redes onde potencialmente há polarização/embate de ideias, a polaridade **diminui** conforme a sobreposição de grupos cresce. Este resultado é coerente com a medição inicial feita para os grafos da Figura 2. Acreditamos que três razões expliquem tal diferença na estrutura de redes polarizadas e não-polarizadas:

1. Em uma rede não-polarizada, os nós da fronteira entre comunidades, ou seja, que fazem parte de mais de um grupo, tem motivos **adicionais** para estabelecer uma interação ou laço social. Por exemplo, na rede de amigos do Facebook da Figura 2(b), os indivíduos da fronteira se conhecem do ambiente profissional e **também** do ambiente universitário. Por isso, a probabilidade de haver uma aresta na interseção entre os grupos é maior.
2. Por outro lado, na rede polarizada, tal “incentivo extra” para interação ou estabelecimento de uma relação, na fronteira, não existe: o fato de um usuário de mídia social participar de vários partidos, ou comentar sobre vários clubes, não aumenta a similaridade desse usuário com outros que também fazem o mesmo.
3. No contexto polarizado, usuários neutros tendem a ser mais comedidos em revelar suas opiniões e estabelecer relações que evidenciem suas opiniões. Com isso, a densidade na fronteira polarizada é menor do que na fronteira não-polarizada.

#### **4. Redes Sociais Polarizadas: Aplicações e Oportunidades**

Neste artigo, exploramos um tipo de rede social – *redes polarizadas* – que tem características bem particulares em relação a redes sociais “gerais”. Nesta seção, além de descrevermos essas propriedades, discutimos o potencial de desenvolvimento de algoritmos e modelos específicos para esse tipo de rede e suas características:

- **atributo-chave dos nós da rede:** em redes polarizadas, pode-se computar para cada membro da rede um atributo que desempenha uma função essencial na dinâmica de relações da rede: o *viés* (ou, em outras palavras, o pólo) ao qual o usuário pertence. Por exemplo, no contexto esportivo, saber que o usuário é torcedor de uma determinada equipe é uma informação que impacta diretamente tarefas como recomendação de conteúdo, bem com a difusão de conteúdo: este usuário dificilmente propagará informações que vão contra o seu viés.
- **comunidades fechadas:** em uma rede social geral, um usuário participa e interage com vários grupos, que em geral reproduzem os diversos ambientes em que o usuário participa na vida real, tal como o ambiente familiar, profissional, de lazer etc. Nesse cenário, o fato do usuário participar de uma comunidade não restringe sua participação em outro grupo (a menos pela restrição de que o usuário possui uma quantidade de tempo limitada para manter relações). Ou seja, o fato do usuário interagir e fazer parte de uma comunidade de membros da empresa em que trabalha não delimita ou incentiva de maneira significativa sua interação com outras comunidades. Em uma rede polarizada, por outro lado, se um usuário é um participante ativo de uma comunidade que suporta uma entidade, é pouco provável que ele atue da mesma forma em outra(s) comunidade(s). Além disso, em uma rede polarizada o usuário distribui a sua atuação por todas as comunidades de forma que ele atuar/apoiar mais uma comunidade significa necessariamente opor-se mais a outra comunidade, o que significa que ele necessariamente deve ser polarizado a um dos lados ou neutro em relação a ambos.
- **influência com custo-benefício variável:** Um problema relevante em análise de redes sociais consiste em difundir ideias, inovações e conhecimento de forma a maximizar o número de indivíduos atingidos por tal ação [Kempe et al. 2003], o que é de interesse, por exemplo, por agentes de *marketing* viral [Richardson and Domingos 2002, Domingos and Richardson 2001]. Uma das formas de difundir ideias por uma rede social é se valer de usuários influentes: um usuário *influyente* é capaz de induzir comportamentos e ações em outros indivíduos. Encontrar um conjunto de  $K$  usuários influentes que maximizem a difusão de um comportamento ou ação por uma rede social é um problema conhecido como *maximização de influência em redes sociais* [Chen et al. 2009]. Em uma rede social geral, considera-se que o benefício de influenciar um nó, ou seja, convencer um usuário a desempenhar uma determinada atividade (como consumir um produto) é o mesmo para todos os nós. Em redes polarizadas, no entanto, o problema de influenciar nós a adotar um certo comportamento – ou alterar seu comportamento corrente – apresenta uma característica bastante peculiar: cada nó tem uma resistência diferente a ser influenciado. Por exemplo, usuários que possuem uma forte posição contrária a um determinado partido político dificilmente serão convencidos a alterar sua posição; por outro lado, usuários neutros, sem posição definida, são aqueles que podem ser influenciados mais facilmente.
- **migração entre pólos/dinâmica da rede:** redes sociais de amizades, citações e interações de diversos tipos já foram investigadas segundo o seu padrão dinâmico; por exemplo, é sabido que o aumento da densidade do grafo e a diminuição do diâmetro da rede são padrões dinâmicos recorrentes em grafos [Leskovec et al. 2005]. Redes polarizadas sugerem novas dimensões de análise da dinâmica temporal, a saber, como os usuários migram de um polo

a outro, como usuários neutros contribuem para a conectividade e difusão de informação pela rede, e como eventos externos (por exemplo, um debate político na televisão) afetam o tamanho e estrutura topológica das comunidades.

## 5. Conclusões

Neste artigo, mostramos que duas características estruturais são encontradas em redes sociais polarizadas: a alta coesão/densidade dentro de cada grupo, e a **baixa densidade de arestas** na porção neutra rede, isto é, no segmento da rede em que nós participam de mais de um grupo. Este resultado demonstra um padrão **diferente** do encontrado em redes sociais não-polarizadas [Leskovec 2011] e complementa a convenção aceita até o momento pela literatura de redes sociais – de que uma alta coesão nos grupos seja uma característica suficiente para determinar uma rede polarizada [Yardi and Body 2010].

Como continuidade natural do trabalho, pretendemos aumentar em diversidade e quantidade o número de redes investigadas de acordo com a dupla de características (coesão dos grupos/densidade da fronteira dos grupos). Acreditamos que este trabalho inicial, ao permitir uma classificação mais contundente de polarização/não-polarização de redes sociais, permite, por exemplo, a agentes de *marketing* responder a perguntas como “há polarização no contexto de discussão X, como o de debates sobre um certo tipo de produto?”. Além disso, o trabalho abre oportunidades para que pesquisadores de redes sociais desenvolvam modelos e algoritmos específicos para redes polarizadas, que teriam grande aplicabilidade em “eventos polarizados” como os que ocorrerão durante o ano de 2012, como as Eleições Presidenciais nos Estados Unidos, as Eleições Municipais no Brasil e as Olimpíadas de Londres.

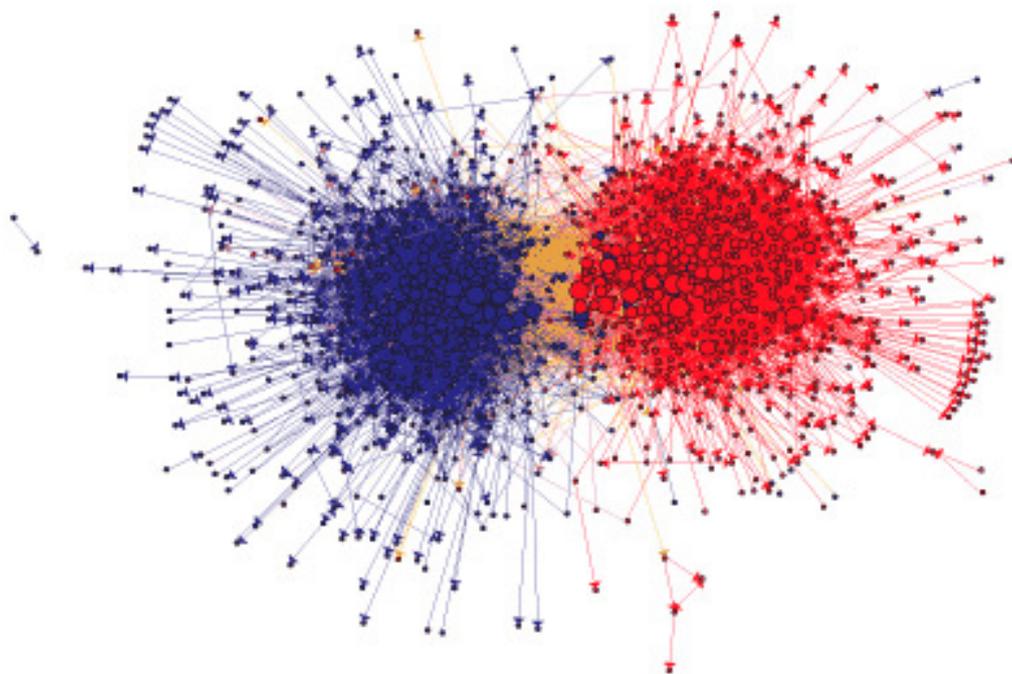
## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do UOL ([www.uol.com.br](http://www.uol.com.br)), através do Programa UOL Bolsa Pesquisa, Processo Número 20120130151500, e também do CNPq, CAPES, FAPEMIG e FINEP.

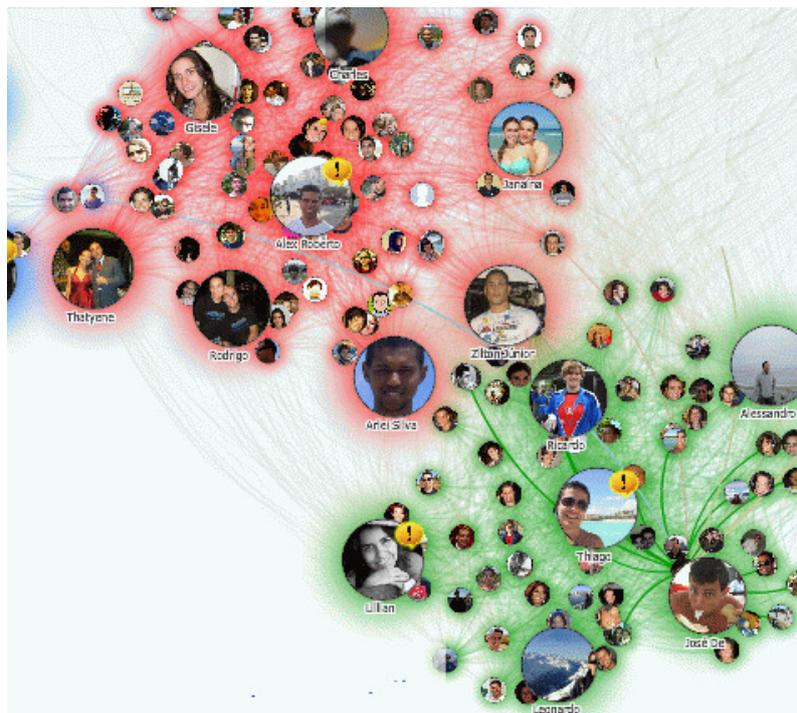
## Referências

- Adamic, L. A. and Glance, N. (2005). The political blogosphere and the 2004 u.s. election: divided they blog. In *Proceedings of the 3rd international workshop on Link discovery*, LinkKDD '05, pages 36–43, New York, NY, USA. ACM.
- Barabasi, A.-L. (2003). *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*. Plume Books.
- Chen, W., Wang, Y., and Yang, S. (2009). Efficient influence maximization in social networks. In *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, KDD '09, New York, NY, USA. ACM.
- Conover, M., Ratkiewicz, J., Francisco, M., Gonçalves, B., Flammini, A., and Menczer, F. (2011). Political polarization on twitter. In *Proc. 5th International AAAI Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM)*.
- Domingos, P. and Richardson, M. (2001). Mining the network value of customers. In *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, KDD '01, pages 57–66, New York, NY, USA. ACM.

- Easley, D. and Kleinberg, J. (2010). *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World*. Cambridge University Press.
- Guerra, P. H. C., Veloso, A., Meira, Jr, W., and Almeida, V. (2011). From bias to opinion: A transfer-learning approach to real-time sentiment analysis. In *Proc. of the 17th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Diego, CA.
- Kannan, R., Vempala, S., and Vetta, A. (2004). On clusterings: Good, bad and spectral. *J. ACM*, 51(3):497–515.
- Kempe, D., Kleinberg, J., and Tardos, E. (2003). Maximizing the spread of influence through a social network. In *Proc. of the 9th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, KDD '03, New York, NY, USA. ACM.
- Kwak, H., Lee, C., Park, H., and Moon, S. (2010). What is twitter, a social network or a news media? In *WWW '10: Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, pages 591–600, New York, NY, USA. ACM.
- Leskovec, J. (2011). Networks, communities and the ground-truth. [http://videlectures.net/solomon\\_leskovec\\_networks/](http://videlectures.net/solomon_leskovec_networks/).
- Leskovec, J., Kleinberg, J., and Faloutsos, C. (2005). Graphs over time: densification laws, shrinking diameters and possible explanations. In *Proceedings of the eleventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining*, KDD '05, pages 177–187, New York, NY, USA. ACM.
- Livne, A., Simmons, M. P., Adar, E., and Adamic, L. A. (2011). The party is over here: Structure and content in the 2010 election. In *ICWSM*.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., and Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27(1):415–444.
- Newman, M. E. J. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23):8577–8582.
- Palla, G., Derényi, I., Farkas, I., and Vicsek, T. (2005). Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society. *Nature*, 435(7043):814–818.
- Plous, S. (1993). *The psychology of judgment and decision making*. McGraw-Hill, New York.
- Richardson, M. and Domingos, P. (2002). Mining knowledge-sharing sites for viral marketing. In *Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, KDD '02, New York, NY, USA. ACM.
- Sunstein, C. R. (2002). The Law of Group Polarization. *Journal of Political Philosophy*, 10(2):175–195.
- Watts, D. J. (1999). Networks, dynamics, and the small world phenomenon. *American Journal of Sociology*, 105(2):493–527.
- Waugh, A. S., Pei, L., Fowler, J. H., Mucha, P. J., and Porter, M. A. (2009). Party Polarization in Congress: A Social Networks Approach.
- Yardi, S. and Body, D. (2010). Dynamic debates: An analysis of group polarization over time on twitter. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 5(30).

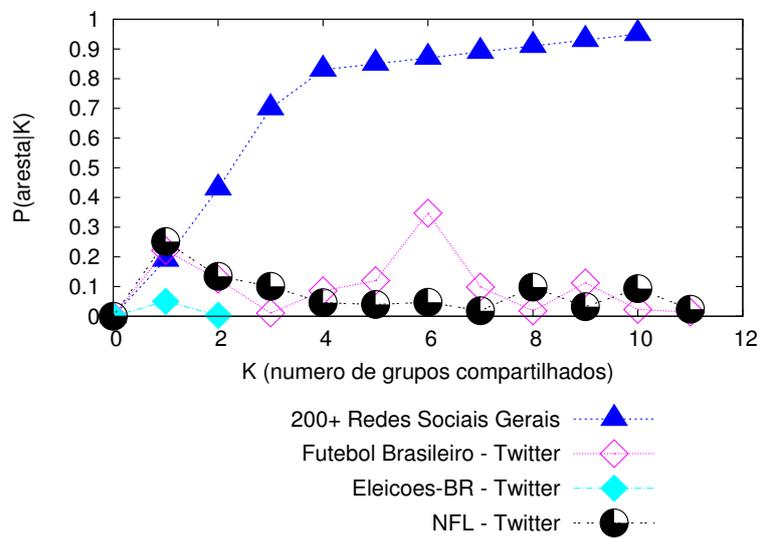


(a) Rede social de blogs sobre política - Eleições Presidenciais Norte-Americanas em 2004 [Adamic and Glance 2005]



(b) Rede Social de Amigos do Facebook

**Figura 2. Dois grafos sociais que apresentam comunidades com alta coesão. Na Figura 2(a), os nós representam blogs sobre temas políticos durante as Eleições Presidenciais nos Estados Unidos, em 2004. A Figura 2(b) mostra relação de uma rede social de amigos extraída do Facebook. Do ponto de vista sociológico, na primeira rede o contexto é polarizado; na segunda, não há polarização, pois trate-se de amizades formadas por motivos diversos e sem oposição a um tema específico.**



**Figura 3. Variação da probabilidade de haver uma aresta entre dois nós que participem de  $K$  grupos, para grafos sociais gerais e grafos (potencialmente) polarizados. Para os grafos gerais, as sobreposições entre grupos são mais densas que a densidade interna do grupo; a densidade na sobreposição entre grupos potencialmente polarizados é menor que a densidade dos grupos individuais.**