# Seleção de Dispositivos para *Caching* Baseado no Interesse do Usuário através de Comunicação D2D

**Marcelo Almeida Silva[1], Antonio C. de Oliveira Jr.[1], Fausto da Silva Moraes[1], Kleber Vieira Cardoso[1], Vinicius da C. M. Borges[1], Waldir Moreira[2]**

[1] Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – GO – Brazil

[2]Fraunhofer Portugal AICOS – Porto – Portugal

{marceloalmeidasilva,antonio,fausto,kleber,vinicius}@inf.ufg.br,

waldir.junior@fraunhofer.pt

***Abstract.*** *The next-generation wireless networks (5G Networks) predict an expantion in the connected devices' number and network interfaces with higher transmission capacity, and consequently an exponential increase in the amount of traffic. In this context, solutions that do not overload the wireless communication infrastructure are needed to improve efficiency. This paper presents a cache's proposal based on interest and interaction between devices in networks with D2D communication, which seeks to settle some of these problems. The proposal is based on cache approaches' and solutions case studies aimed at improving the network's use through the efficient use of its resources. It was verified that the proposal presents improvement of 25% when compared to another cache's approach. From these results we can conclude that the use of this information can be beneficial for 5G networks strategies.*

***Resumo.*** *As redes sem fio de próxima geração (Redes 5G) prevê um aumento na quantidade de dispositivos conectados e interfaces de redes com maior capacidade de transmissão e consequentemente, um aumento exponencial da quantidade de trafego. Nesse contexto, soluções que não sobrecarreguem a infraestrutura de comunicação sem fio se faz necessária para melhorar a eficiência. Este trabalho apresenta uma proposta de cache baseada em interesse e interação entre os dispositivos em redes com comunicação D2D, que busca suavizar alguns desses problemas. A proposta é baseada nos estudos de casos de abordagens de cache e soluções voltadas para a melhoria do uso da rede através do uso eficiente dos seus recursos. Verificou-se que a proposta apresenta melhoria de 25% quando comparada com outra abordagem de cache. A partir desses resultados podemos concluir que o uso dessas informações pode ser benéfico para estratégias das redes 5G.*

## 1. Introdução

O crescente número de dispositivos conectados tem aumentado cada vez mais o tráfego na rede. Grande parte deste aumento se deve a massiva quantidade de dispositivos que estão conectados à rede enviando e recebendo dados a todo instante, por exemplo: sensores, câmeras, carros autônomos, drones entre outros. Um dos grandes desafios que as redes

de computadores vão enfrentar nas próximas gerações é atender às novas demandas sem deixar de lado as demandas dos usuários, ou seja, o uso de novos mecanismos e soluções junto às operadoras para suprir as necessidades geradas pelo crescimento da rede.

Alguns problemas surgem devido o aumento do tráfego: indisponibilidade de serviços, dificuldade na alocação de recursos e congestionamentos na rede. Uma consequência seria a redução drástica na qualidade do serviço. As mídias de vídeo são as principais responsáveis pelo uso do tráfego na rede, sendo responsáveis por mais de 73% do tráfego em redes móveis [Cisco 2018]. Os provedores de *Internet* já enfrentam problemas relacionados a desempenho e tráfego nas redes diante deste cenário.

Portanto, as redes 5G (Quinta Geração da rede móvel)[Marica et al. 2018], devem ser capazes de atender a todos os usuários utilizando melhor os seus recursos para aumentar a vazão, diminuir a latência e aumentar a disponibilidade da rede [Guan et al. 2016].

Para atender a essas demandas no 5G, temos como abordagens promissoras o uso de *Cache* Proativo [Moraes et al. 2017], NFV (*Network Function Virtualization*) [Chantre and d. Fonseca 2018], SDN (*Software Defined Network*) [Lee and Yoo 2017], D2D (*Device to Device*) [Feng et al. 2018] entre outras. O uso de *Cache* Proativo como alternativa, visa armazenar previamente conteúdos que podem ser utilizados pelo dispositivo em ocasiões futuras, dessa forma é possível explorar conexões com menor custo e maior velocidade de transmissão para realizar o *cache* de conteúdo.

O NFV procura realizar as principais funções de rede (por exemplo: *caches*, *firewalls*, etc.), além dos recursos virtualizados de computação, armazenamento e rede, prometendo a redução do CAPEX/OPEX (*CAPital EXpenditure e OPerational EXpenditure*) associado nas redes 5G. O SDN é uma solução que permite a programação controlada por *software* e o gerenciamento de recursos de rede de maneira dinâmica e escalonável. Estas soluções estão sendo amplamente adotadas por provedores de serviços, provedores de nuvem e empresas, a fim de acelerar a implantação de serviços de rede, economizando recursos e aumentando a confiabilidade.

As comunicações D2D são conexões diretas entre dispositivos próximos que exploram as interfaces de rede disponíveis nos mesmos para dar vazão aos dados. Dessa forma é possível transmitir dados sem passar pelas estações base da rede, evitando congestionamentos e aumento do fluxo. Por ser uma abordagem que explora a proximidade entre os dispositivos, a comunicação D2D pode ser realizada de forma oportunista, explorando os recursos da rede para melhorar o *offloading* de dados.

Uma possível abordagem nas redes 5G é a realização de *cache* de conteúdo nos dispositivos da borda de rede como os pontos de acesso e dispositivos dos usuários. A partir das características das comunicações D2D, as conexões oportunistas podem ser utilizadas como forma de distribuição de conteúdo armazenado nos dispositivos por meio de *cache*, assim, é possível obter o conteúdo dos dispositivos próximos sem a necessidade de passar por uma estação base [Moraes et al. 2017].

Devido ao seu impacto nas redes celulares, o conteúdo escolhido para ser armazenado são os conteúdos de vídeo. Por este motivo é importante analisar as características do consumo desse tipo de conteúdo, sobretudo os fatores que podem influenciar um (ou vários) usuário(s) a acessar um determinado vídeo. Um aspecto importante é a característica viral que alguns vídeos possuem fazendo com que a probabilidade de que um

conteúdo seja acessado aumente à medida que ele é compartilhado em redes sociais *online* (OSN - *Online Social Networks*) [Zhang et al. 2015].

Um segundo aspecto importante é o tipo do vídeo ou a qual categoria o mesmo pertence, pois o interesse do usuário nesse conteúdo pode aumentar a probabilidade de acesso a um vídeo o que impacta na forma como ele acessa e como os conteúdos são distribuídos [Bai et al. 2016]. Estudos apontam que os relacionamentos são formados com base nos interesses em comum entre as pessoas [Schiefele 1991] o que gera impacto de forma relevante nas abordagens de *cache*.

Outros dados importantes são: Como o usuário se comporta dentro desses cenários, a forma como se movimenta, quais dispositivos ele tem contato e quanto tempo permanece conectado aos outros dispositivos [Moreira et al. 2013]. Esses dados são fatores determinantes para a decisão de quais dispositivos podem ser utilizados para fazer *cache*.

Dessa forma, o melhor dispositivo para armazenar esses conteúdos poderia ser determinado, a partir da visão da vizinhança D2D e do histórico de comunicações entre os dispositivos, que as operadoras de redes celulares já possuem. Essas informações seriam combinadas para criar aplicações capazes de realizar o *cache* ao armazenar os conteúdos com maior probabilidade de serem acessados e utilizar a comunicação D2D para disseminá-las entre os dispositivos dos usuários, preservando os recursos da rede celular.

Existe uma carência de soluções de *cache* para redes 5G que façam uso de informações de interesse e de histórico de comunicações entre os dispositivos como informação principal. Dessa forma esse trabalho visa criar uma abordagem que utiliza essas informações com o intuito de melhorar a eficiência da rede.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Após a introdução, a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. A Seção 3 detalha as ferramentas de software e conceitos utilizados no trabalho. A Seção 4 apresenta a descrição da proposta. A Seção 5 mostra uma avaliação da proposta através de simulação, discutindo os resultados. Por fim, a Seção 6 faz conclusões desse trabalho e aponta alguns trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos Relacionados

Trabalhos recentes têm mostrado como técnicas de *cache* de conteúdo em dispositivos da borda da rede podem utilizar a comunicação D2D para melhorar a eficiência do uso de recursos de uma rede celular.

No trabalho realizado por [Moreira et al. 2013] foi proposto o SCORP (*Social-aware Opportunistic Routing Protocol*). O SCORP explora a proximidade social e o conhecimento do conteúdo com o objetivo de melhorar a entrega de forma eficiente em cenários de rede com características urbanas e densas. Com base no grafo social *offline* (interações físicas entre os dispositivos) e interesses dos usuários foram utilizados os princípios de redes oportunistas para alcançar o que foi proposto.

Através do histórico de movimentação associado ao interesse, é possível prever qual o melhor dispositivo para a realização de *cache* de conteúdo, dessa forma consegue-se maior cobertura de dispositivos dos usuários. Isso se dá pelo fato de que o histórico de

movimentação é obtido por meio do tempo de contato entre os dispositivos com o mesmo interesse.

No entanto o SCORP não analisa a popularidade do conteúdo e o impacto de conteúdos com diferentes taxas de visualização nesses cenários. A consequência disso é que pode ocorrer sobrecarga na rede devido a conteúdos virais (que possuem uma alta taxa de visualização em um curto espaço de tempo) com características diversas.

A solução proposta por [Zhang et al. 2015] faz uso de uma abordagem *social-aware* para otimizar a comunicação D2D explorando a popularidade do conteúdo e o grafo social *offline*. Para modelar a distribuição de conteúdo nas redes sociais *offline* ele utiliza o IBP (*Indian Buffet Process*) para apresentar uma abordagem de *cache* reativo utilizando comunicação D2D. Os resultados da proposta apresentaram um aumento da eficácia de acordo com as configurações da rede e dos usuários.

Apesar do aumento da eficácia da rede utiliza-se apenas o grafo social *offline*, propagando conteúdo para dispositivos do usuário em que o mesmo pode não possuir interesse. Dessa forma, há o consumo de recursos da rede que poderiam ser melhor aproveitados por usuários que tenham interesse no conteúdo.

Bai et al. [Bai et al. 2016] utiliza um hipergrafo para representar as informações de três camadas. A primeira camada refere-se ao espectro e interferência em que o enlace D2D foi estabelecido. A segunda camada trata das relações sociais *online* (são as relações estabelecidas pelos usuários dentro de uma OSN - *Online Social Network*) assumindo que os enlaces entre os dispositivos são duráveis e confiáveis. A terceira camada lida com os diferentes interesses que os usuários podem demonstrar em relação aos diversos conteúdos. O uso das três camadas mostram melhorias nas simulações, nas estratégias de *cache* e na disseminação de conteúdo.

Entretanto essa abordagem deixa de atender os demais dispositivos que não possuem relação social *online* com o dispositivo que possui em *cache* o conteúdo de seu interesse, pois uma hiper-aresta (uma relação entre dois dispositivos) passa a existir quando: existe interesse em comum por algum conteúdo, o nó está dentro do alcance de transmissão do enlace, quando há pouca interferência e quando existe relação social *online* entre os dispositivos.

O ProSoCaD (*Probabilistic Social Cascade For caching in D2D communication*), proposto por [Moraes et al. 2017], combina popularidade do conteúdo, relação social *online* e o grafo social *offline*. Com essas informações é realizado o *cache* proativo no dispositivo selecionado com base no modelo de seleção de conteúdo social proposto também no artigo o SoCoSM (*Social-aware Content Selection Model*). O dispositivo selecionado é o que possui a maior quantidade de conexões D2D e o maior número de relações sociais (chamado de: dispositivo mais influente).

Nessa abordagem o uso das redes sociais *online* tornam o *cache* do conteúdo centralizado nos dispositivos mais influentes, consumindo de forma mais rápida os recursos dos dispositivos selecionados. O *cache* de um conteúdo no dispositivo em que o seu usuário não tem interesse pode acarretar no uso desnecessário do recurso caso não sejam realizados acessos a ele.

Apesar dos trabalhos descritos empregarem conceitos de interação social *online* e

*offline* entre os dispositivos e usuários, não são consideradas abordagens em que o interesse age como fator principal. A Tabela 1 representa a relação do que é abordado nos trabalhos descritos e na solução proposta.

**Tabela 1. Configuração da Simulação**

| | Interesse do Usuário | Histórico de Movimentação | Modelo de Acesso ao Conteúdo | Popularidade do Conteúdo | *Cache* Proativo | Grafo Social Offline (D2D) | Grafo Social Online (OSN) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **[Moreira et al. 2013]** | X | X | | | | X | |
| **[Zhang et al. 2015]** | | | X | X | | | |
| **[Bai et al. 2016]** | X | | | | X | X | X |
| **[Moraes et al. 2017]** | | | X | X | X | X | X |
| **Proposta** | X | X | X | X | X | X | |

Da mesma forma não foram exploradas as vantagens relacionadas a construção de uma solução de *cache* proativo nesse aspecto explorando comunicação D2D dando espaço para o surgimento de novas estratégias de *cache*, a fim de aumentar a eficiência da rede.

## 3. Ferramentas, Modelos e Conceitos Empregados

Nessa seção serão descritas as ferramentas, modelos e conceitos empregados nesse trabalho.

### 3.1. Grafo Social *Offline* (D2D)

O Grafo Social *Offline* (Grafo D2D) é obtido do uso de uma interface de comunicação diferente da rede celular. Pode-se obter assim pela interface utilizada, os registros dos encontros entre os dispositivos e os dispositivos que estejam em alcance de comunicação formando o Grafo D2D. Com essa informação é possível identificar os dispositivos melhor localizados para realização de *cache* de conteúdo.

### 3.2. Histórico de movimentação

As informações obtidas pelo Grafo D2D permitem estimar a probabilidade de que um determinado dispositivo, consiga atender outro através de uma comunicação mais estável, ou seja, um conexão pode ser mantida durante o tempo necessário para a transferência de conteúdo.

Para se obter essa informação é utilizado o histórico de movimentação dos dispositivos e o tempo de contato entre eles, determinando assim, qual dispositivo tem maior tempo de contato e maior quantidade de conexões com os demais. Dessa forma o dispositivo com essas características, considerado o mais popular, é o mais recomendado para a realização de *cache* de conteúdo, pois o mesmo pode atender uma maior quantidade de dispositivos em um intervalo de tempo maior.

### 3.3. Interesse

Muitos têm em mente que o comportamento dos usuários está associado apenas a contatos com amigos e familiares nas redes sociais *online* (OSN), porém, o comportamento está associado a mais que isso. Antes, as pessoas se comunicavam com base em relacionamentos restritos, mantendo laços as pessoas geograficamente mais próximas a elas.

Porém dado o avanço tecnológico as pessoas já não precisam sair de casa para encontrar alguém ou ir a um ambiente que possibilite conhecer e viver novas experiências, possibilitando ir além, como conhecer pessoas diferentes que tem afinidades e interesses em comum que estão além da geolocalização.

Neste trabalho abordamos o comportamento dos usuários baseado em seus interesses, ou seja, os usuários que acessam os mesmos conteúdos, compartilham dos mesmos tipos de interesses. As categorias de interesse são baseadas na classificação de cada conteúdo, podendo ser obtida através de *tags* e palavras chave encontradas no conteúdo.

A cada acesso a um conteúdo por um dispositivo, aquele interesse é associado a ele, dessa forma cada dispositivo contém uma tabela de interesses relacionada, que pode determinar quais conteúdos os usuários tem interesse e portanto tem maior probabilidade de acessar.

### 3.4. Modelo de Acesso ao Conteúdo

Os modelos de acesso a conteúdos são produzidos por processos estocásticos com o intuito de reproduzirem a distribuição de conteúdos do mundo real, através de funções matemáticas, observando séries de dados coletados de provedores de conteúdos.

O modelo SoCoSM (*Social-aware Content Selection Model*) proposto por [Moraes et al. 2017], gera rankings de visualização de conteúdos similares aos reais. Para isso o SoCoSM utiliza padrões de acesso à conteúdos ciente a interações sociais, fazendo o uso do IBP e do SI$^2$RP (Figura 1).

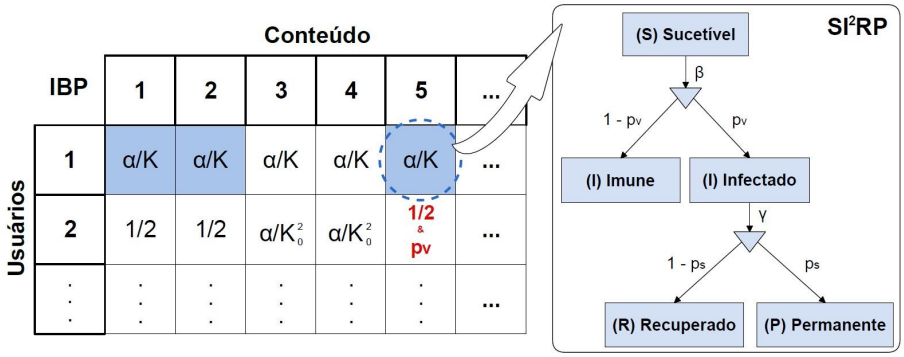


**Figura 1. Modelo de seleção de conteúdo SoCoSM.**

Zhang et al. [Zhang et al. 2015] utiliza o processo do Buffet Indiano (IBP) e valida o processo com séries de dados coletados do provedor de conteúdo YouTube, dessa forma demonstra que ele se aproxima dos resultados reais. O SI$^2$RP é um modelo de propagação baseado em modelos epidêmicos utilizado para representar os tipos de usuários e seus comportamentos de forma probabilística.

Na literatura não foi encontrada uma base de dados pública que combine interesse, histórico de movimentação e conteúdos acessados, por esse motivo é importante que tenhamos modelos que representem esse comportamento e que combinados provêm todas as informações modeladas na rede.

Neste trabalho é utilizado o SoCoSM para selecionar os conteúdos acessados e distribuídos pelos dispositivos pois esse modelo gera dados capazes de representar o consumo de conteúdos dos usuários. A distribuição dos conteúdos é gerada a partir da saída do IBP, o SI$^2$RP recebe essa saída como entrada a cada conteúdo selecionado pelos usuários, como mostrado na Figura 1. Dessa forma cada usuário poderá ter mais de uma oportunidade de acessar um mesmo conteúdo caso deseje assistir a algum conteúdo mais de uma vez.

### 3.5. *Cache*

O *cache* pode ser realizado de 2 maneiras: reativa e proativa. O *cache* reativo é o armazenamento de conteúdo resultado de uma ação, por exemplo, o *cache* de um vídeo que foi visualizado pelo usuário. Já o *cache* proativo não é resultado de uma ação direta do usuário, por exemplo, o usuário tem interesse em uma categoria de conteúdo e o dispositivo realizou o *download* de um conteúdo que é do interesse do usuário sem que seja necessário que ele realize alguma ação.

Devido os dispositivos móveis terem capacidade de armazenamento reduzida, são necessárias políticas de substituição para o *cache* do conteúdo. A política adotada neste trabalho é o LFU (*Least Frequently Used*), priorizando a remoção dos conteúdos que contem a menor frequência de acesso. Assim é possível manter os conteúdos mais populares armazenados no *cache* visando atender a busca por conteúdos mais populares e auxiliar na substituição de conteúdo com baixa taxa de acesso.

### 3.6. Simulador

Para validar as propostas [Moraes et al. 2017], [Zhang et al. 2015] e [Moreira et al. 2013] utilizam simulações baseadas em traces reais e sintéticos, dessa forma conseguem avaliar o desempenho dentro dos cenários propostos. O NS3 (*Network Simulator*) [Consortium 2018] é o simulador eventos discreto mais utilizado pela comunidade acadêmica de redes que reproduz características de cenários reais em sistemas de *Internet*. Nesse trabalho utilizamos o NS3 para reprodução do cenário e validação da solução.

## 4. Proposta

O intuito deste trabalho é propor uma solução de *cache* proativo em redes com comunicação D2D que faz uso do interesse do usuário, histórico de movimentação, modelo de acesso ao conteúdo e popularidade do conteúdo, para apresentar as vantagens do uso do interesse dos usuários sobre as informações de interações sociais *online* em sistemas de distribuição de conteúdo, com intuito de melhorar a eficiência do uso dos recursos da rede celular.

Através dessas informações, buscamos como objetivos, reduzir o uso de recursos da *base-station*, fazendo uso de comunicação D2D e reduzir a quantidade de *cache* de conteúdo não utilizado que é realizado no dispositivo do usuário, através dos dados de interesse.

A partir dos dispositivos dos usuários obtemos o grafo D2D que ao longo de suas rotinas diárias geram o histórico de contatos entre os dispositivos. O histórico de contatos é associado ao interesse através do SCORP [Moreira et al. 2013] para geração do grafo de interesses. Além disso, a escolha dos conteúdos acessados por cada dispositivo é feita

conforme a popularidade dos mesmos através do modelo de seleção de conteúdo SoCoSM [Moraes et al. 2017].

A seleção do dispositivo para realização do *cache* proativo é feita combinando o grafo de interesses e o conjunto de conteúdos acessados por cada dispositivo, como apresentado na Figura 2. É importante ressaltar que cada conteúdo é previamente classificado em um tipo de interesse.

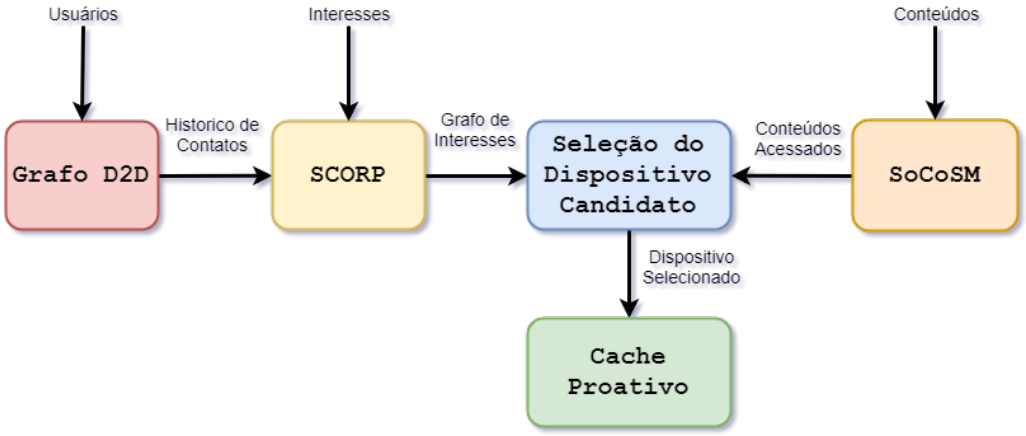


**Figura 2. Arquitetura de distribuição de conteúdo baseado em interesse.**

Buscando uma solução que atenda de forma eficiente os dispositivos da rede utilizando o *cache* proativo em dispositivos que tenham interesses em comum explorando o modelo de redes oportunistas.

Essa seção conta com duas subseções: Subseção 4.1 que descreve a forma de seleção do dispositivo candidato, e Subseção 4.2 que descreve o critério para a realização do *cache* proativo.

### 4.1. Escolha do Dispositivo

Na seleção dos dispositivos candidatos para a realização de *cache*, é utilizada a abordagem do SCORP que define o nível de proximidade social entre os dispositivos com certos interesses, independente dos dispositivos compartilharem de tais interesses, para determinar quais dispositivos são mais adequados a realizarem o *cache* proativo de acordo com a duração dos contatos que ocorreram no decorrer do tempo.

Para isso são escolhidos os dispositivos que possuem o maior $TECI(x)$ (*Time-Evolving Contact to Interest* $x$) do grafo D2D, visando atender todos os dispositivos que tem interesse em comum.

A partir do $TECI(x)$ é possível determinar o tempo de contato de cada usuário com os dispositivos próximos, classificando de acordo com o interesse, dessa forma podemos selecionar o dispositivo mais apropriado para realização de *cache* proativo.

Dessa forma, para cada interesse $x$ obtemos o $Max(x)$ onde é maximizado o tempo de contato, resultando em uma maior probabilidade de sucesso na distribuição de conteúdo (Equação 1). Dessa forma obtemos o conjunto de dispositivos que mantém a propriedade temporal do $TECI(x)$ e atende os dispositivos no alcance de transmissão.

$$Max(x) = maximize(TECIx) \quad (1)$$

Portanto, como mostra a Figura 3, podemos representar a escolha do dispositivo da seguinte forma: i) tabelas de interesse de cada usuário gerado pelo SCORP; ii) o grafo D2D baseado no interesse; iii) o conjunto de subgrafos de interesse obtido a partir dos dispositivos selecionados para o *cache* proativo.

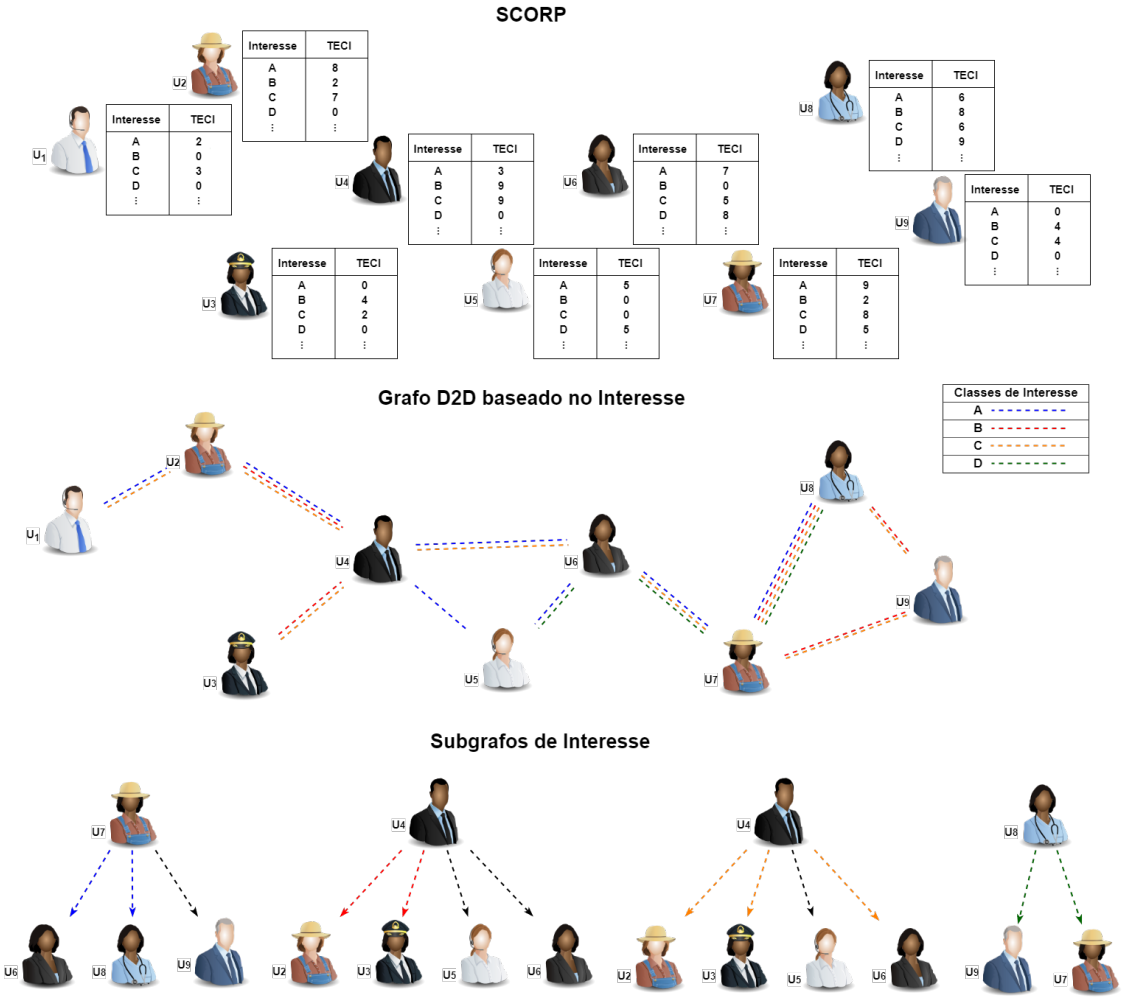


**Figura 3. Escolha dos candidatos para armazenar um conteúdo.**

Por exemplo, para uma distribuição de 9 usuários ($U_i$) e 4 tipos de interesses distintos ($A$, $B$, $C$ e $D$) obtemos através do SCORP o valor do $TECI(x)$ associado a cada interesse, que inicia em zero para nenhum contato e aumenta de acordo com a duração dos contatos realizados.

Dessa forma obtemos o grafo D2D baseado no interesse, que representa a relação entre os usuários que possuem interesses em comum e que possuem possibilidade de conexão, representado por arestas de cores distintas para representar cada interesse. Os usuários que possuem mais que um interesse em comum estão representados com mais de uma aresta.

Ao realizar a seleção dos dispositivos candidatos encontramos Subgrafos de Interesse associados a cada classe de interesse, por exemplo, para o interesse $B$ temos o dispositivo $U_4$ que possui $Max(B)$, sendo selecionado como dispositivo candidato. Dessa forma selecionamos o dispositivo que possui o maior nível de proximidade social entre os dispositivos com interesses em comum.

Cada subgrafo de interesse é representado pelo dispositivo candidato a realizar o *cache* proativo do conteúdo e os dispositivos que serão atendidos, ou seja, que estão dentro do alcance de transmissão no caso do dispositivo $U_4$ temos os dispositivos $U_2$, $U_3$, $U_5$ e $U_6$. Os dispositivos que serão atendidos podem ter interesse em comum no conteúdo do dispositivo candidato, representado pelas arestas coloridas, ou não, representado pelas arestas pretas.

Como podemos observar nos Subgrafos de Interesse $U_4$ atende $U_2$ e $U_3$ que possuem o interesse em comum, e atende $U_5$ e $U_6$ mesmo sem que esses dispositivos tenham declarado interesse no mesmo conteúdo que $U_4$. Dessa forma podemos atender os dispositivos que possuem classes de interesse em comum sem deixar de atender os demais dispositivos.

### 4.2. *Cache* Proativo

Para determinar quando um conteúdo deverá ser movido proativamente para o dispositivo escolhido pelo modelo de seleção de dispositivos candidatos para fazer *cache* deste conteúdo, é utilizado a quantidade de conexões que ele possui. Dessa forma temos o seguinte valor para o $p_{cv}(x)$ (probabilidade de realizar o *cache* proativo de um conteúdo de interesse $x$) descrito na Equação 2.

$$p_{cv}(x) = 1 - \prod_{k=1}^{n \forall P_k(a,x)>0} (1 - p_v(k)) \tag{2}$$

A medida que a quantidade de conexões D2D aumenta, a probabilidade de realizar o *cache* proativo no dispositivo selecionado também, assim podemos garantir que os dispositivos presentes no momento do *cache* serão atendidos caso solicitem o conteúdo e as características temporais obtidas através do SCORP serão mantidas pois os dispositivos escolhidos são os que possuem um maior tempo de contato com os demais de mesmo interesse.

## 5. Estudo de Simulação

Essa seção é destinada a apresentação da avaliação da proposta descrita. Em seguida é realizada uma comparação com o ProSoCaD a solução proposta por [Moraes et al. 2017], que é uma abordagem de *cache* proativo de conteúdo que utiliza comunicação D2D. Essa seção é dividida em: Subseção 5.1 que descreve a configuração dos cenários e parâmetros de avaliação e Subseção 5.2 que discute os resultados de avaliação de desempenho.

### 5.1. Configuração do Cenário

Para a avaliação desse trabalho é considerado um cenário com poucos dispositivos distribuídos em uma grande área, dito cenários esparsos. Estes cenários são representados

por um modelo com diferentes tipos de usuários e movimentação, por exemplo, cidades pequenas e campus universitário.

Os usuários inseridos nesse contexto podem demonstrar interesses em comum, acessando os mesmos conteúdos ou de mesmo interesse, dessa forma, utilizamos um cenário que visa atender de forma justa as 2 abordagens. O cenário foi implementado utilizando a ferramenta de simulação de redes ns-3 (*Network Simulator 3*).

Para isso utilizamos os dados de uma base que contém dados reais de usuários móveis obtido do CRAWDAD(*Community Resource for Archiving Wireless Data At Dartmouth*) [Scott et al. 2009] contendo 36 dispositivos. Esses dispositivos foram entregues a alunos da Universidade de Cambridge e durante o período de 2 meses foram coletados dados ao longo de suas rotinas diárias.

Essa base de dados conta com informações de interesse dos usuários e a movimentação dos dispositivos, buscamos dessa forma mostrar as vantagens relacionadas ao uso do interesse nas propostas de *cache*.

O ProSoCaD faz uso das informações de relação social *online* entre os dispositivos, para representa-las, foram gerados de forma sintética as relações sociais *online*. Visando obter justiça na comparação utilizamos uma configuração em que todos os dispositivos estão conectados.

Para realização da comunicação D2D e percepção da proximidade entre os dispositivos utilizamos o *wireless* buscando maior velocidade de transmissão do conteúdo, assim obtemos uma configuração em que os dispositivos obtêm o conteúdo via dados móveis apenas quando não estão disponíveis em seus vizinhos próximos.

## 5.2. Avaliação da Proposta

O *Cache Local* ocorre quando o conteúdo que um dispositivo acessou é armazenado localmente no dispositivo, este conteúdo é computado quando obtido através dos dados da rede móvel. Esse parâmetro de avaliação é utilizado para aferir quanto do conteúdo acessado pelos dispositivos foi baixado da rede móvel.

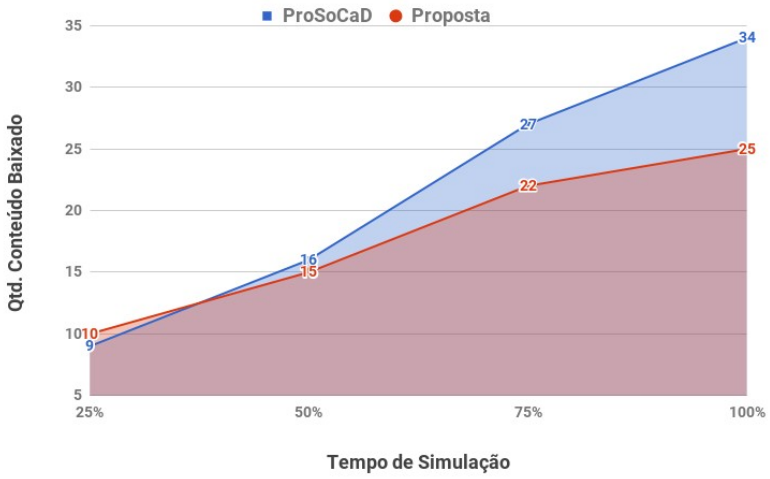


**Figura 4. *Base Station Download***

Os valores apresentados pela Figura 4 representam a quantidade de conteúdo armazenado no dispositivo que foi obtido a partir das redes móveis a medida que a simulação acontece. Como podemos observar, quanto maior o valor obtido, maior o consumo da rede móvel.

A proposta leva em consideração o histórico de movimentação dos dispositivos para a realização de *cache*, portanto, no inicio do tempo de simulação nota-se uma similaridade entre os resultados, pois é necessário definir os interesses dos usuários e tempo de contato com cada interesse.

A medida que o tempo de simulação avança, a informação do histórico de movimentação passa a ser detectada pois necessita de mais tempo para ser percebida, logo percebe-se uma melhora nos resultados. Portanto, uma redução dos conteúdos baixados da rede móvel e armazenados localmente nos dispositivos, representa uma maior suavização na infraestrutura da rede móvel (*offloading*) uma vez que o dispositivo do usuário passa a requisitar menos conteúdo da estação base e os obtém através de comunicação D2D.

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos do *Cache Miss*, ele ocorre quando o conteúdo que um dispositivo está solicitando, não está armazenado no *cache* de nenhum dos dispositivos que esta ao seu alcance, ou quando não consegue receber esse conteúdo com sucesso, então o dispositivo precisará solicitar o conteúdo desejado para a infraestrutura (estação base LTE) da rede móvel.

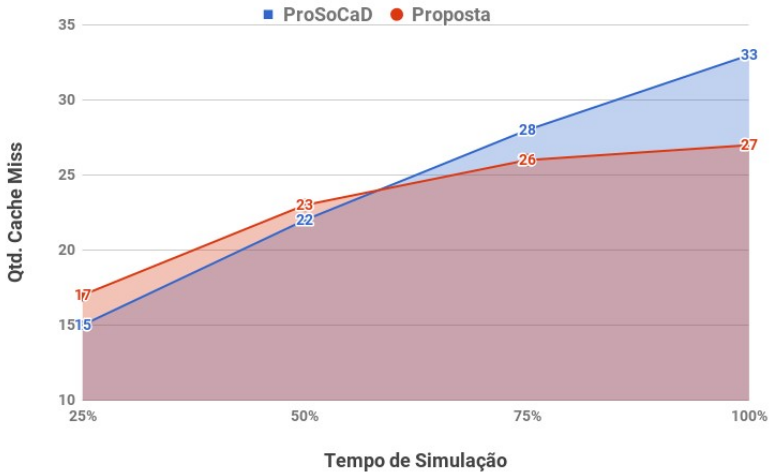


**Figura 5. *Cache* Miss**

Devido a distribuição dos conteúdos a medida que os dispositivos que solicitam novos conteúdos, é possível obter o conteúdo alvo dos dispositivos que estão próximos via comunicação D2D. Podemos notar que a redução do *Cache Miss* se dá pelo aumento de 25% da quantidade de conteúdos obtidos através da comunicação D2D, dessa forma conseguimos alcançar uma maior vazão reduzindo o consumo de recursos da *base-station*.

Podemos destacar que apesar do nível de relação social *online* ser alto (100%) os resultados mostram que o interesse do usuário e histórico de movimentação tem mais impacto na eficiência do *cache* que a relação social *online*.

## 6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste artigo, foi proposta uma nova abordagem para reduzir o uso de recursos da rede móvel dos usuários e reduzir a quantidade de conteúdo baixado pelos dispositivos através da rede de dados móveis, explorando o interesse e as interações sociais *offline* entre os dispositivos.

Para isso propomos uma nova abordagem, que combina várias informações (interesse, popularidade do vídeo, histórico de movimentações, grafo D2D), para selecionar o dispositivo mais apropriado para fazer o *cache* do conteúdo de cada interesse. Ao selecionar o dispositivo é utilizado o SoCoSM para definir como o conteúdo deve ser distribuído.

Assim definimos uma solução de *cache* proativo em redes de comunicação D2D, que a partir dos resultados apresentados, mostra que o uso do interesse e das interações sociais entre os dispositivos apresenta melhora na distribuição e acesso ao conteúdo.

Como trabalhos futuros pretendemos avaliar a proposta em outros cenários com características diversas buscando melhorias na solução e analisar o impacto do interesse na distribuição do conteúdo.

## Referências

Bai, B., Wang, L., Han, Z., Chen, W., and Svensson, T. (2016). Caching based socially-aware d2d communications in wireless content delivery networks: a hypergraph framework. *IEEE Wireless Communications*, 23(4):74–81.

Chantre, H. and d. Fonseca, N. L. S. (2018). Reliable broadcasting in 5g nfv-based networks. *IEEE Communications Magazine*, 56(3):218–224.

Cisco (2018). The Zettabyte Era: Trends and Analysis.

Consortium, N. (2018). Ns3 consortium.

Feng, L., Zhao, P., Zhou, F., Yin, M., Yu, P., Li, W., and Qiu, X. (2018). Resource allocation for 5g d2d multicast content sharing in social-aware cellular networks. *IEEE Communications Magazine*, 56(3):112–118.

Guan, P., Zhang, X., Ren, G., Tian, T., Benjebbour, A., Saito, Y., and Kishiyama, Y. (2016). Ultra-low latency for 5g-a lab trial. *arXiv preprint arXiv:1610.04362*.

Lee, J. and Yoo, Y. (2017). Handover cell selection using user mobility information in a 5g sdn-based network. In *2017 Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pages 697–702.

Marica, A., Claudia, C., and Antonella, M. (2018). Empowering 5g network softwarization through information centric networking. *Internet Technology Letters*, 1(2):e30.

Moraes, F. d. S., Cardoso, K. V., and Borges, V. C. (2017). Improving video content access with proactive d2d caching and online social networking. In *Computers and Communications (ISCC), 2017 IEEE Symposium on*, pages 1043–1048. IEEE.

Moreira, W., Mendes, P., and Sargento, S. (2013). Social-aware opportunistic routing protocol based on user's interactions and interests. In *International Conference on Ad Hoc Networks*, pages 100–115. Springer.

Schiefele, U. (1991). Interest, Learning, and Motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4):299–323.

Scott, J., Gass, R., Crowcroft, J., Hui, P., Diot, C., and Chaintreau, A. (2009). CRAWDAD dataset cambridge/haggle (v. 2009-05-29). Downloaded from `https://crawdad.org/cambridge/haggle/20090529`.

Zhang, Y., Pan, E., Song, L., Saad, W., Dawy, Z., and Han, Z. (2015). Social network aware device-to-device communication in wireless networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 14(1):177–190.