Compromisso entre algoritmos de roteamento em Redes Tolerantes a Atrasos

Cássia Garcia Ferreira

Supervisor: Prof. Dr. Alfredo Goldman vel Lejbman

Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo

cassia.ferreira@usp.br

Resumo

Com o desenvolvimento das redes móveis sem fio, novos cenários começaram a surgir. Um deles são as ***Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões****[1]. Nestas redes, as conexões entre os nós são intermitentes.*

Caso o comportamento desta rede seja conhecido, ou seja, soubermos todos os instantes nos quais os nós estão ou não conectados, podemos representá-la através de um ***Grafo Evolutivo****. Um grafo evolutivo é formado por um conjunto de vértices e arestas. Os vértices representam os nós da rede, e as arestas as conexões. Estas arestas possuem instantes de tempo nos quais estão ativas. Chamaremos um caminho no tempo de um vértice a outro de* ***Jornada****.*

O problema de encontrar uma jornada ótima entre dois vértices pode ser dividido em três subproblemas:

- *Jornada mais curta, Jornada Shortest, que minimiza o número de arestas;*
- *Jornada mais rápida, Jornada Foremost, que minimiza o tempo de chegada;*
- *Jornada de menor tempo em trânsito, Jornada Fastest.*

Este trabalho consiste no estudo das jornadas Shortest e Foremost. Em alguns contextos estas podem possuir valores impraticáveis. Nestes casos, seria de maior interesse utilizar uma jornada intermediária.

1. Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

Redes Rede Tolerante a Atraso e Desconexões se caracterizam:

- Conexões podem estar ativas ou não num instante de tempo;
- Mobilidade causa frequentes desconexões.

2. Grafos Evolutivos

Caso o comportamento de uma Rede Tolerante a Atraso e Desconexões seja conhecido, podemos modelá-la através de um Grafo Evolutivo. Os vértices representam os nós da rede e as arestas representam suas conexões. Como as conexões não ocorrem todos os momentos, as arestas deste grafo possuem instantes de tempo nos quais estão ativas.

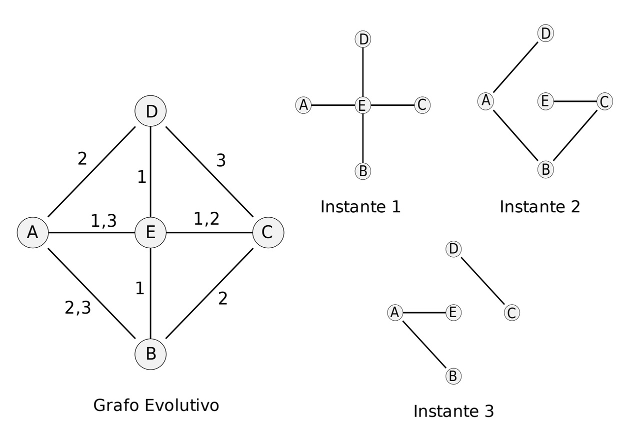


Figura 1: *Grafo Evolutivo e seus instantes*

Definição 1 (Grafos Evolutivos)
Sejam G = $(V_G\ ,\ E_G)$ um grafo e S_G = G_0 ,G_1 , ... ,G_τ ($\tau \in N$) um conjunto ordenado de subgrafos de G tal que G = $\bigcup_{i=1}^{\tau} G_i$. O sistema $\mathcal{G} = (G, S_G)$ é chamado ***Grafo Evolutivo****.*

3. Jornadas

Um caminho de um nó s a um nó t em um Grafo Evolutivo depende dos instantes que as arestas estão ativas. Definiremos então este caminho como Jornada, que é um conjunto de arestas e seus respectivos instantes de transição.

Definição 2 (Jornadas)
Seja $R = e_1, e_2, ..., e_k$ ($e_i \in E_G$) um caminho em G, e $R_\sigma = \sigma_1, \sigma_2, ..., \sigma_k$ ($\sigma_i \in [1, \tau]$, $\sigma_i \leq \sigma_j\ \forall i < j$) um agendamento indicando quando cada arco de R deve ser atravessado. Então dizemos $\mathcal{J} = (R, R_\sigma)$ uma ***Jornada*** *em $\mathcal{G}$.*

Nos interessa duas jornadas de s a t:

- Jornada mais curta, Shortest, que minimiza o número de arestas;
- Jornada mais rápida, Foremost, que minimiza o instante de chegada.

Algoritmos para encontrar as Jornadas Shortest e Foremost foram propostos por [2].
O que fazer quando:

- Uma jornada curta demora muito?
- Uma jornada rápida passa por um grande número de vértices?

Neste caso, seria de maior interesse uma jornada intermediária às duas: que não demore tanto, nem seja tão longa.

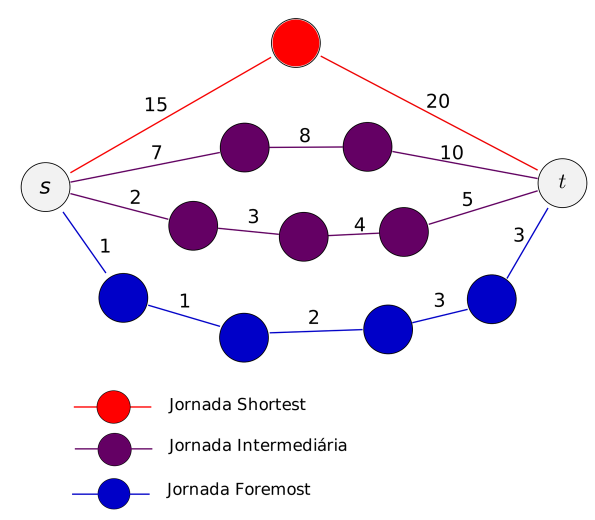


Figura 2: *Jornadas em um grafo evolutivo*

Se houver um compromisso entre as jornadas Shortest e Foremost, podemos encontrar as jornadas ótimas intermediárias a elas.

4. Compromisso entre as jornadas Shortest e Foremost

4.1 Curva de Pareto

Construiremos uma Curva de Pareto para o Grafo do problema. A curva terá como coordenadas o número de arestas e o tempo de duração de cada jornada ótima. As jornadas ótimas obtidas pelo compromisso são: a Shortest, Foremost e suas intermediárias as quais não é possível encontrar uma outra jornada que tenha menor tempo que esta sem prejudicar o seu tamanho, nem vice-versa.

Definição 3
Curva de Pareto *é uma curva formada por pontos ótimos propostos pela Eficiência de Pareto[3], onde para qualquer situação, no caso os pontos da curva, não é possível melhorar um parâmetro sem prejudicar o outro.*

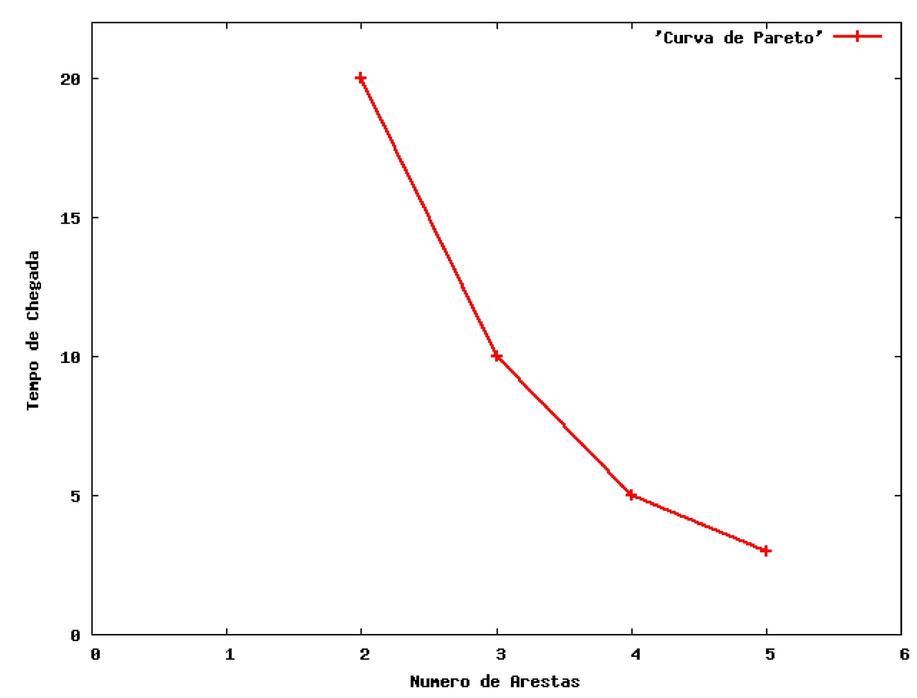


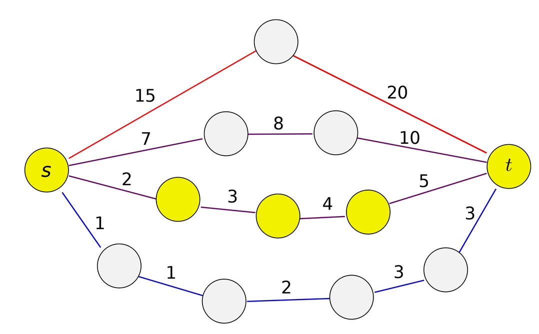
Figura 3: *Exemplo de curva de pareto para grafo evolutivo da Figura 2*

5. Jornada ótima

Como determinar uma única jornada como sendo ótima entre as demais para um contexto específico? Se determinarmos custos para as arestas do grafo e para os instantes de tempo, podemos achar uma jornada com menor custo, ou seja, uma jornada ótima para nosso contexto. Abaixo, custos no exemplo da Figura 2 e Jornada Ótima em destaque.

- Custo da aresta = 3, custo de instante de tempo = 1

Jornada	Arestas	Tempo	Custo
Shortest	2	20	26
Intermediária	3	10	19
Intermediária	4	5	17
Foremost	5	3	18



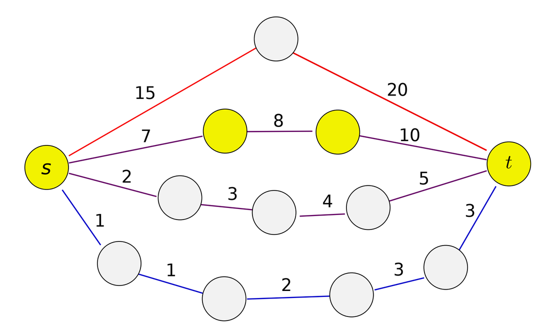
- Custo da aresta = 5, custo de instante de tempo = 1

Jornada	Arestas	Tempo	Custo
Shortest	2	20	30
Intermediária	3	10	25
Intermediária	4	5	25
Foremost	5	3	28

Neste caso, as duas jornadas em destaque, as intermediárias, são ótimas para o contexto.

- Custo da aresta = 6, custo de instante de tempo = 1

Jornada	Arestas	Tempo	Custo
Shortest	2	20	32
Intermediária	3	10	28
Intermediária	4	5	29
Foremost	5	3	33



6. Resultados e conclusão

Nem sempre a Shortest ou a Foremost pode possuir o menor custo. Para encontrar o compromisso entre as jornadas Shortest e Foremost, foi proposto e implementado um novo algoritmo baseado nos algoritmos já existentes. Esse algoritmo encontra todos as jornadas ótimas a partir do compromisso e assim construímos a Curva de Pareto. Como encontrar uma única jornada ótima a partir de um contexto? Dado que temos todas as jornadas ótimas, calculamos o custo de todas estas e podemos chegar na(s) jornada(s) ótima(s) para o caso.

Referências

[1] C.T. Oliveira, M.D.D. Moreira, M.G. Rubinstein, L. Costa, and O. Duarte. Redes tolerantes a atrasos e desconexoes. In *Minicursos do Simposio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2007)*, 2007.

[2] B. Xuan, A. Ferreira, and A. Jarry. Computing shortest, fastest, and foremost journeys in dynamic networks. 2002.

[3] Ross D. Game Theory. In Edward N. Zalta, editor, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2009.