

1. Introdução

As redes sem fio do tipo *mesh* diferenciam-se das redes convencionais por possuírem topologia descentralizada, na qual os dispositivos móveis podem também prover retransmissão de dados para outros usuários da rede, servindo de ponte repetidora para a comunicação entre dois de seus nós vizinhos.

Estima-se que as redes *mesh* reduziram em grande parte os custos de instalação e manutenção de equipamentos e cabeamento se utilizadas em um sistema de telefonia móvel celular. Desta forma, não seria necessária a total cobertura por estações rádio-base (ERBs) em uma determinada região. Os aparelhos serviriam de ponte entre as ERBs e outros usuários. A Figura 1 ilustra este fenômeno.

Em um trabalho de outros autores[1], foi desenvolvido um software que simula o funcionamento de uma rede *mesh* de telefonia celular. Foi seguido um modelo simples de rede *mesh* no qual as estações são simetricamente alinhadas dentro da área de simulação.

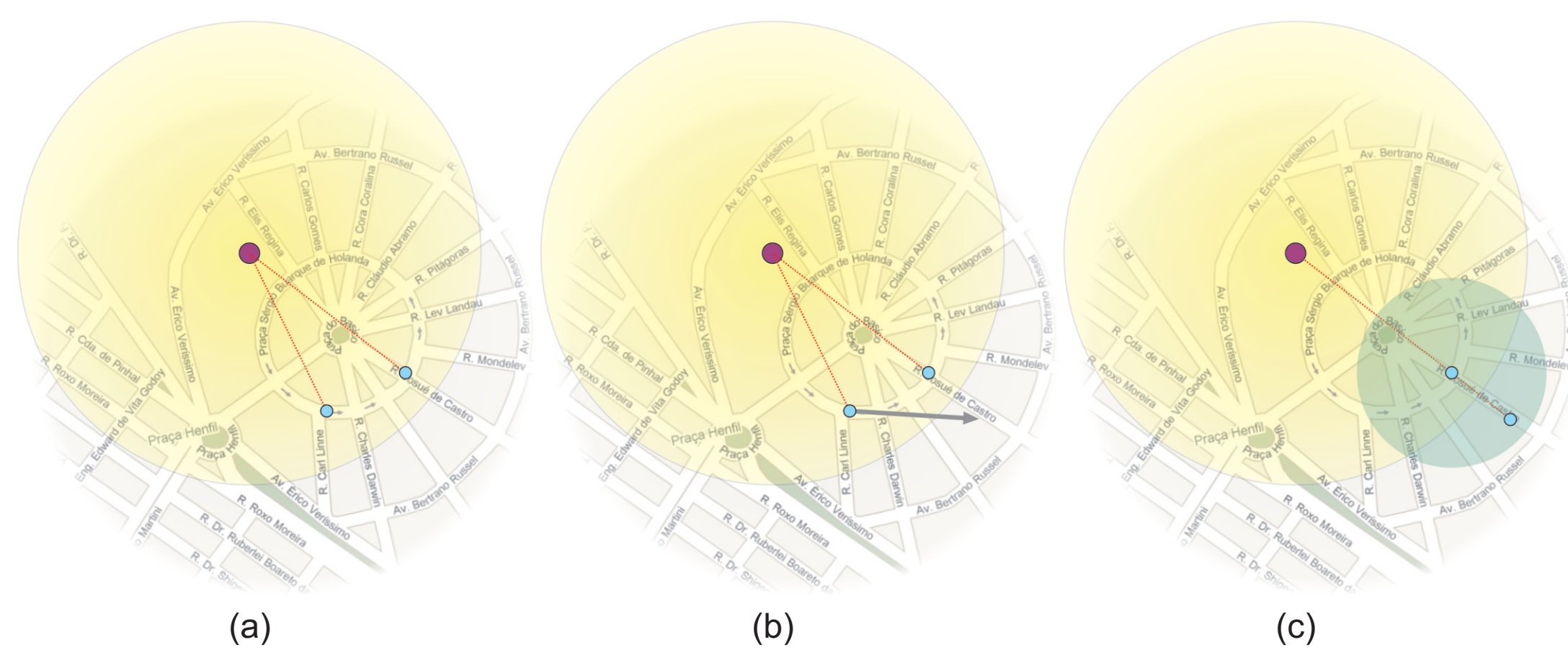


Figura 1: Sistema de telefonia celular com rede *mesh*. (a) usuários dentro da área de cobertura da ERB. (b) um dos usuários se locomove para área de sombra. (c) usuário permanece conectado ao sistema através da rede *mesh*.

O trabalho atual teve como objetivo aperfeiçoar o modelo de mobilidade adotado anteriormente. Para isso, foi utilizado um equacionamento probabilístico de movimentação de pessoas, extraído de uma publicação[2] da revista Nature. Este modelo proporciona um padrão de movimentação mais próximo da realidade, ao contrário do anteriormente implantado, que utilizava um algoritmo puramente aleatório. Esta distribuição probabilística, por considerar também a probabilidade de não-movimentação de um usuário (distância 0), eliminou a necessidade do uso de uma função percentual de telefones que se movem por hora do dia. Levando-se em consideração a importância da mobilidade dos usuários para reconfiguração de rotas neste tipo de rede, os resultados das simulações podem ser considerados mais confiáveis.

2. Metodologia

O modelo de mobilidade escolhido baseia-se essencialmente na probabilidade $P(\Delta r)$ de um usuário portando seu aparelho celular apresentar uma diferença de deslocamento Δr entre duas amostras de sua localização gráfica. Esta função probabilística é uma curva aproximada de um estudo estatístico e é dada por:

$$P(\Delta r) = (\Delta r + \Delta r_0)^\beta \exp(-\Delta r/\kappa)$$

com expoente $\beta = 1,75 \pm 0,15$ e $\Delta r_0 = 1,5$ Km. O valor de κ depende do conjunto de dados utilizado para aproximação da curva. No trabalho atual, foi escolhido o conjunto de dados com taxa de amostragem fixa de 2 horas. Para este, o valor de κ é 80 Km.

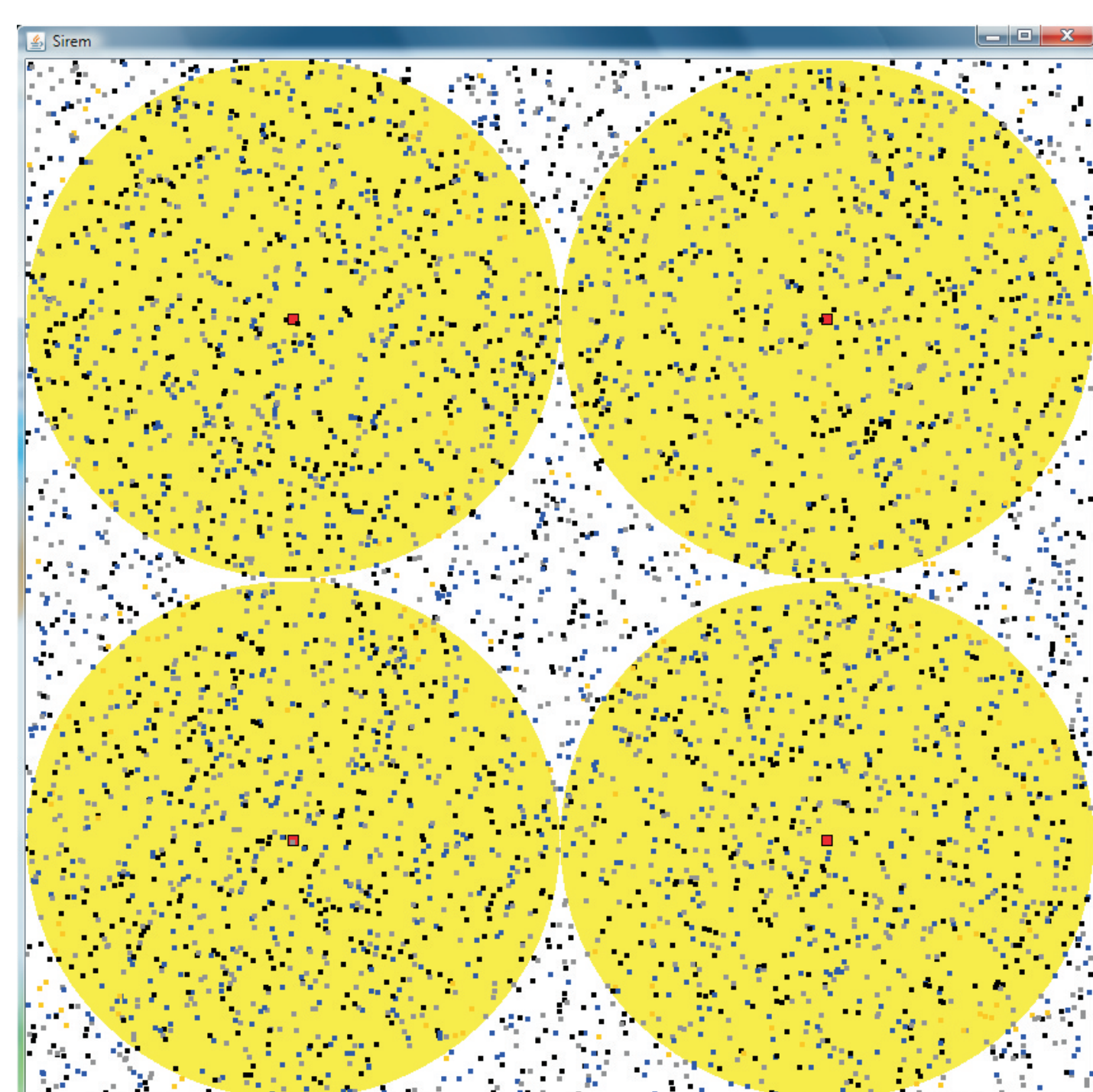


Figura 2: Interface gráfica do Simulador de Redes Mesh (SIREM). Simulação com 5000 celulares e 4 ERBs.

O software previamente desenvolvido, Simulador de Redes Mesh (SIREM, programado na linguagem Java, faz a simulação de 24 horas de funcionamento da rede e possui os seguintes parâmetros principais: número de celulares e ERBs, área de simulação, alcance das antenas e espaçamento entre as estações. A Figura 2 mostra a interface gráfica do programa.

Para que o novo modelo de mobilidade fosse implementado no software, foram necessárias mudanças em sua estrutura. O programa tem resolução de simulação de 1 minuto. Assim, as trajetórias dos usuários que eram anteriormente calculadas e executadas a cada minuto simulado passaram a ser calculadas a cada duas horas simuladas, a partir da função probabilística. Por isso, foi necessário que estas trajetórias fossem parcialmente executadas a cada minuto. Isso foi possível com o uso de uma fila de eventos, estrutura já presente anteriormente no software para eventos de conexão entre celulares.

3. Resultados e Discussão

As simulações mostram o número de celulares em cada estado para cada minuto de tempo simulado. Os possíveis estados são: 'Ligado', 'Desligado', 'Falando' e 'Roteando'. Assim como no trabalho anterior, foram realizadas duas diferentes simulações. A primeira com o tempo fixo de duração das chamadas e a segunda com o tempo de duração aleatório entre 0 e 30 minutos. As Figuras 3 e 4 mostram os resultados obtidos na primeira e segunda simulação, respectivamente.

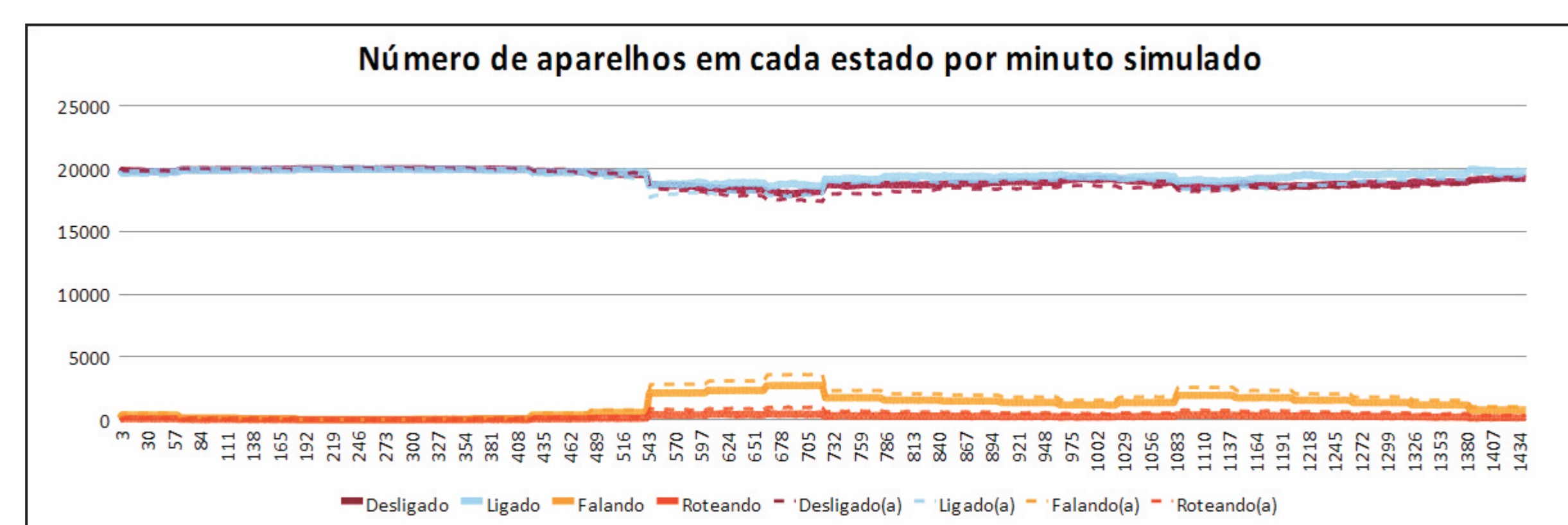


Figura 3: Aparelhos em cada estado por minuto com o tempo de ligação fixo (valores tracejados são do trabalho anterior)

Percebe-se que, para simulações com tempo fixo de 2 minutos, o novo modelo de mobilidade surtiu efeito nos índices de roteamento e de ligações. A quantidade de celulares 'falando' e 'roteando' diminuiu na mesma proporção.

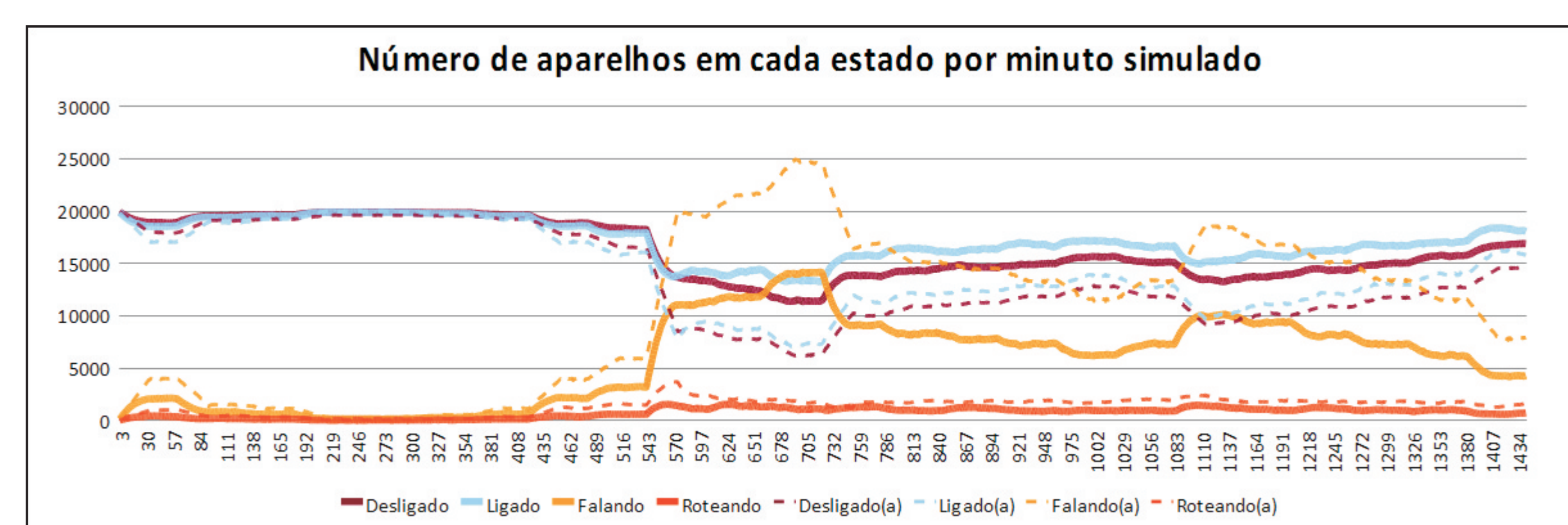


Figura 4: Aparelhos em cada estado por minuto com o tempo de ligação variável (valores tracejados são do trabalho anterior)

Nos valores da segunda simulação, também há uma redução dos índices de roteamento e ligações. Desta vez, porém, a redução do número de aparelhos 'falando' foi de maior proporção.

4. Conclusões

O novo modelo de mobilidade surtiu efeito considerável apenas nas simulações com chamadas de longa duração. Presume-se que isso seja devido a uma maior necessidade de roteamento neste caso. A redução do número de ligações é consequência das maiores distâncias percorridas pelos aparelhos, que fazem com que a topologia da rede mude mais abruptamente. Por isso, os celulares nas áreas de sombra que desejam efetuar ligações encontraram mais dificuldade de conexão.

5. Referências Bibliográficas

- [1] Donnabella, B. Lopes; Negri, E. Zeganin, Modelagem e Simulação de Redes Mesh em Telefonia Celular, Trabalho de Graduação Interdisciplinar, Universidade Estadual de Campinas, 2007
- [2] González, Marta C.; Hidalgo, César A.; Barabási, Albert-László, Understanding individual human mobility patterns, Nature 453, 2008