

# Balanceamento de Carga em Redes de 4<sup>a</sup> Geração (LTE) Auto-Optimizadas

Miguel Aires Barros Monteiro  
MEEC

# Resumo

- Motivação;
- Objectivos;
- Algoritmo de balanceamento de carga:
  - Handover intra-LTE;
  - Descrição do algoritmo;
  - Simulação e resultados;
- Conclusão.

# Motivação

- É expectável que o tráfego móvel de dados cresça exponencialmente nos próximos anos;
- A gestão eficiente e inteligente dos recursos é essencial para manter e melhorar o desempenho da rede;
- Tendência da indústria para as *Self Organizing Networks* (SONs).

# Objectivo

- Desenvolver um algoritmo de balanceamento de carga adaptativo em tempo real para uma SON.

# *Handover* intra-LTE (1)

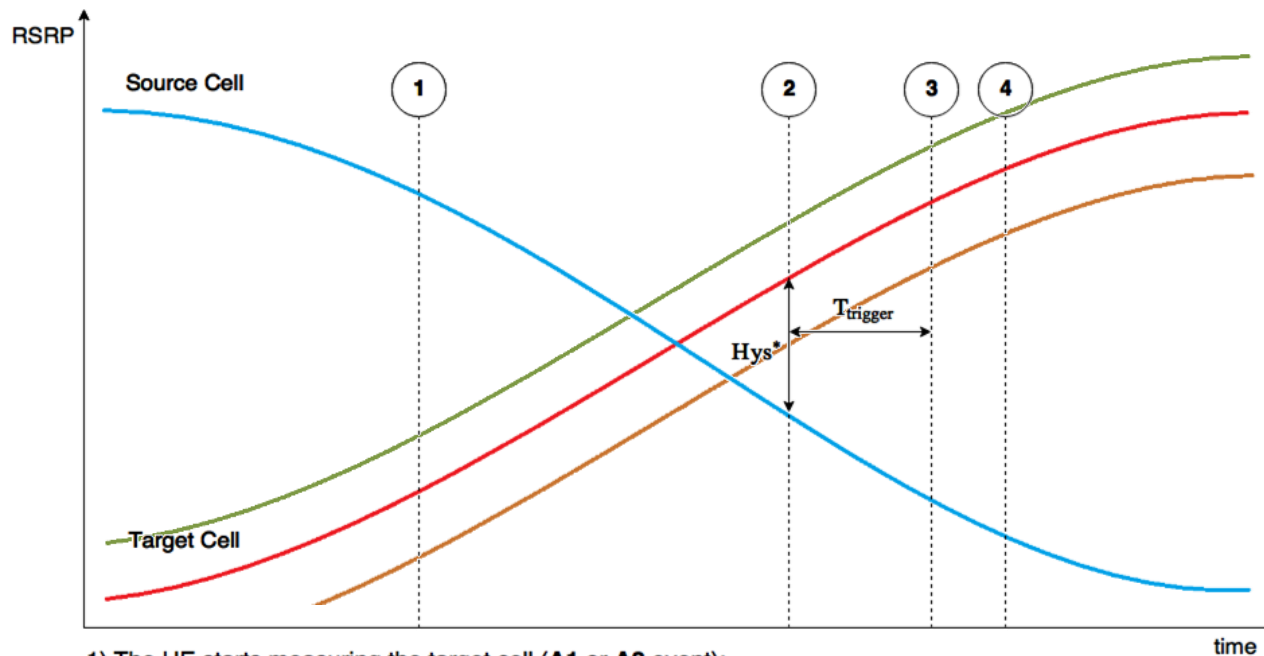
- O terminal móvel solicita um *handover* se:

$$M_n - H_{ys} > M_s + Offset,$$

por um período maior do que *time-to-trigger*,  
 $T_{trigger}$ ;

- Mudar os *offsets* de *handover* irá avançar ou atrasar o processo de *handover*.

# Handover intra-LTE (2)



- 1) The UE starts measuring the target cell (**A1** or **A2** event);
- 2) The UE enters the reporting range (**A3** event);
- 3) After  $T_{\text{trigger}}$  the UE starts sending filtered measurement reports to the source eNodeB;
- 4) The source eNodeB sends the handover command to the UE.

\* The difference between curves is  $Hys$  provided the curves have already been affected by the handover offsets.

# Algoritmo de balanceamento de carga

1. Cada célula mede a sua carga e carga das suas vizinhas;
2. Estas medidas são usadas para calcular o desequilíbrio de carga entre uma célula e as suas vizinhas;
3. Este desequilíbrio é usado para ajustar os *offsets* de *handover*;
4. A mudança nos *offsets* causa *handovers* que descarregam tráfego de uma célula carregada para as suas vizinhas menos carregadas;
5. O processo é repetido em malha fechada, de forma a se adaptar as condições da rede em constante mudança.

# Medir a carga da rede

- É dito que um utilizador está descontente se o seu débito binário estiver abaixo de um mínimo requerido para esse utilizador;
- A carga de uma célula é então:

$$Carga = \sum_{u \in U} \mathbb{I}_{t_u < D_u},$$

em que  $\mathbb{I}_{t_u < D_u}$  é 1 se o débito binário do utilizador,  $t_u$ , estiver abaixo do mínimo requerido,  $D_u$ , e 0 caso contrário.



# Calcular o desequilíbrio de carga

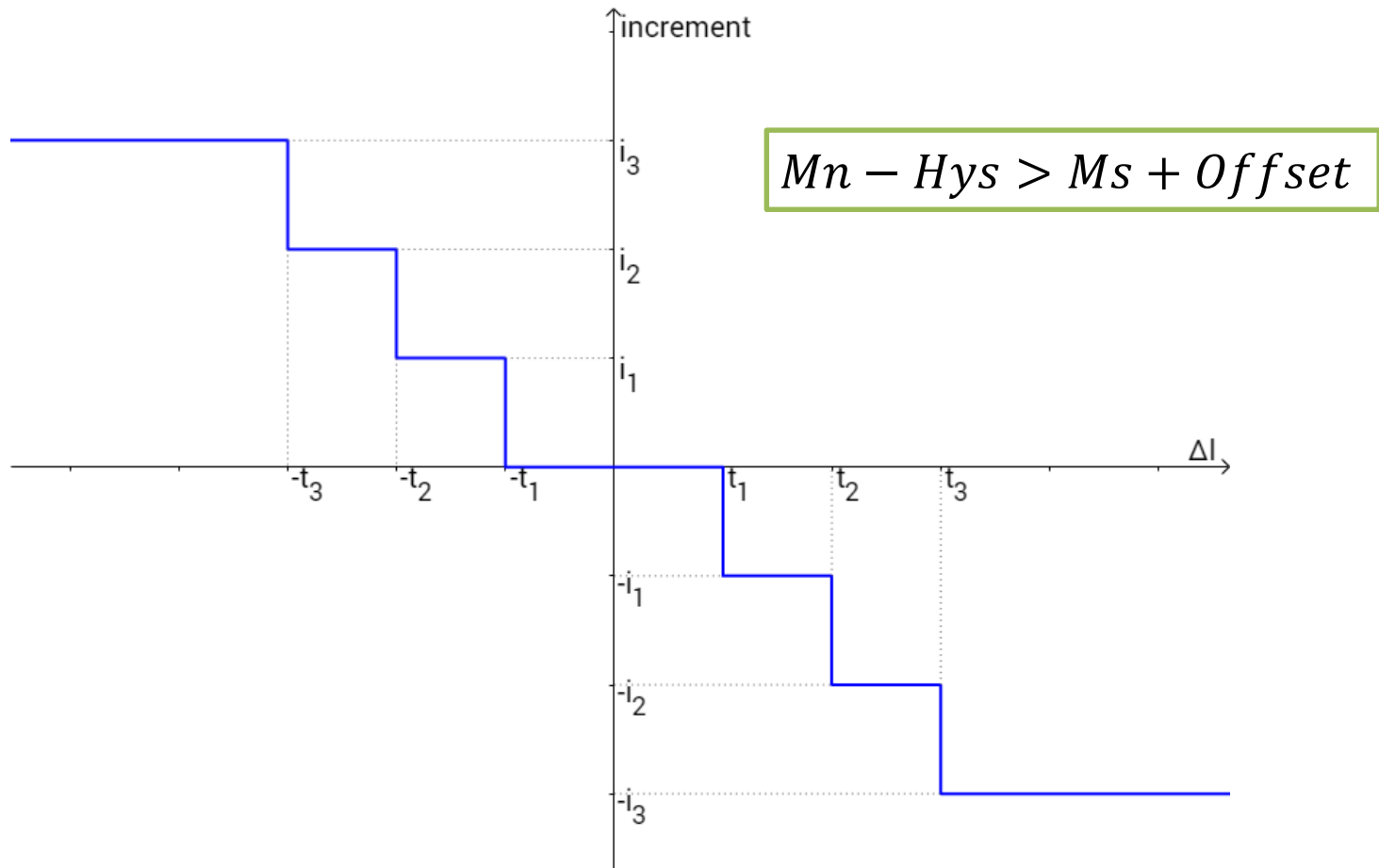
- Alguns fornecedores permitem ajustar os *offsets* de *handover* por célula e outros por relação de vizinhança;
- Desequilíbrio de carga por relação de vizinhança:

$$\Delta l = \frac{Carga_s - Carga_n}{\max(Carga_s, Carga_n)};$$

- Desequilíbrio de carga por célula:

$$\Delta l = \frac{Carga_s - f(Carga_{n1}, Carga_{n2}, \dots, Carga_{nN})}{Carga_s}.$$

# Incrementar os *offsets*



# Medir o desempenho

- O ganho do algoritmo é dado por:

$$Ganho = \frac{Util\ insatisfeitos_{sem\ BC} - Util\ insatisfeitos_{com\ BC}}{Total\ de\ utilizadores} \times 100\%,$$

- Um handover em *ping-pong* ocorre quando um utilizador se reconecta à mesma célula dentro de 5 segundos após de ter desconectado.

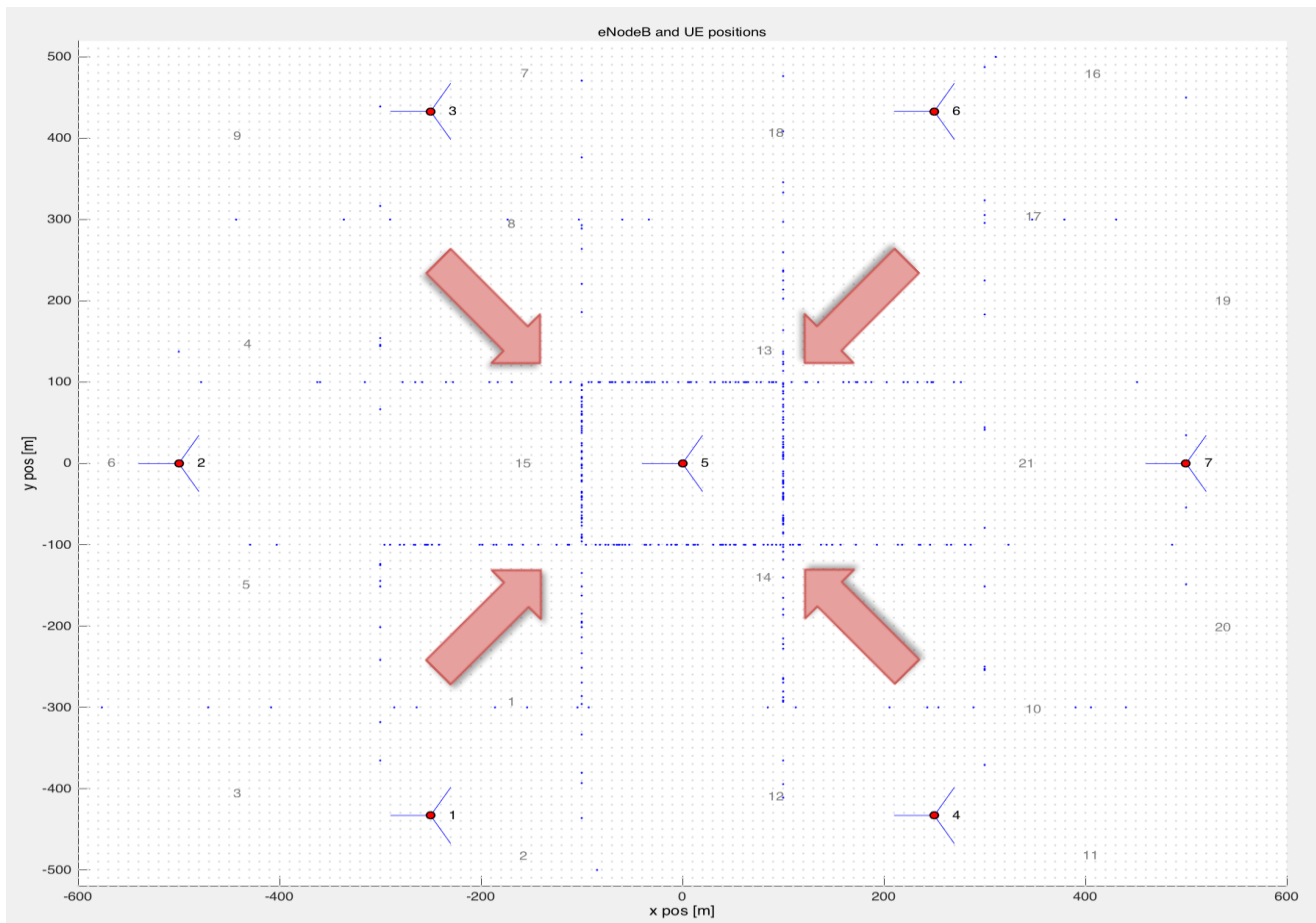
# Simulador

- Foi usada uma versão modificada do *Vienna System Level Simulator*,
- Modificações:
  - Implementação do *handover*;
  - Novos modelos de mobilidade para os utilizadores;
  - Simulações mais rápidas;
  - Menor utilização de memória;
  - Algoritmo de balanceamento de carga;
  - Métodos de agregação e visualização de resultados.

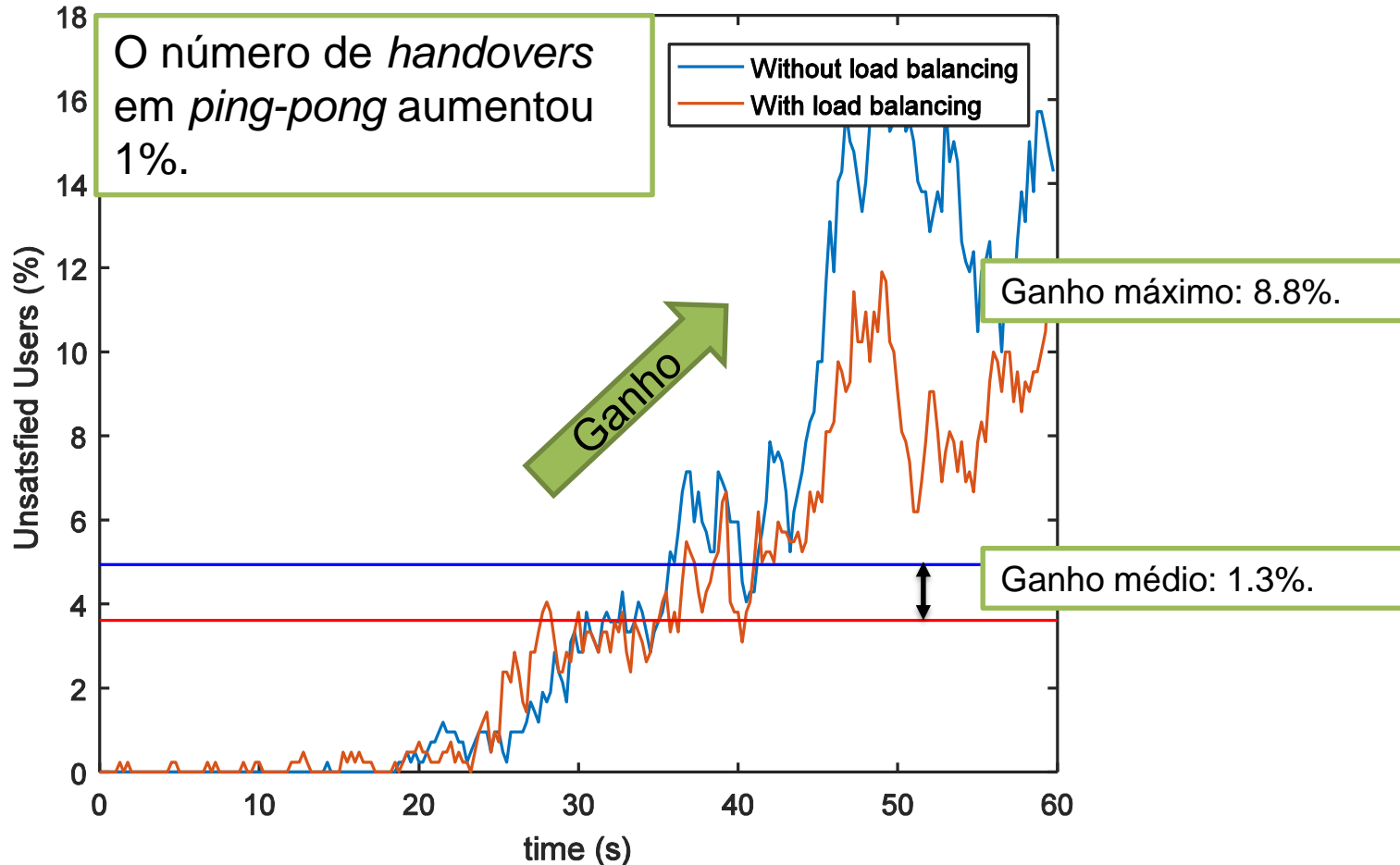
# Simulação

- A rede tem 21 células e 20 utilizadores por célula;
- A frequência da portadora é 2.14 GHz e a largura de banda 1.4 MHz;
- O débito binário mínimo requerido pelos utilizadores é  $D_u = 12.2$  kbit/s (VoLTE);

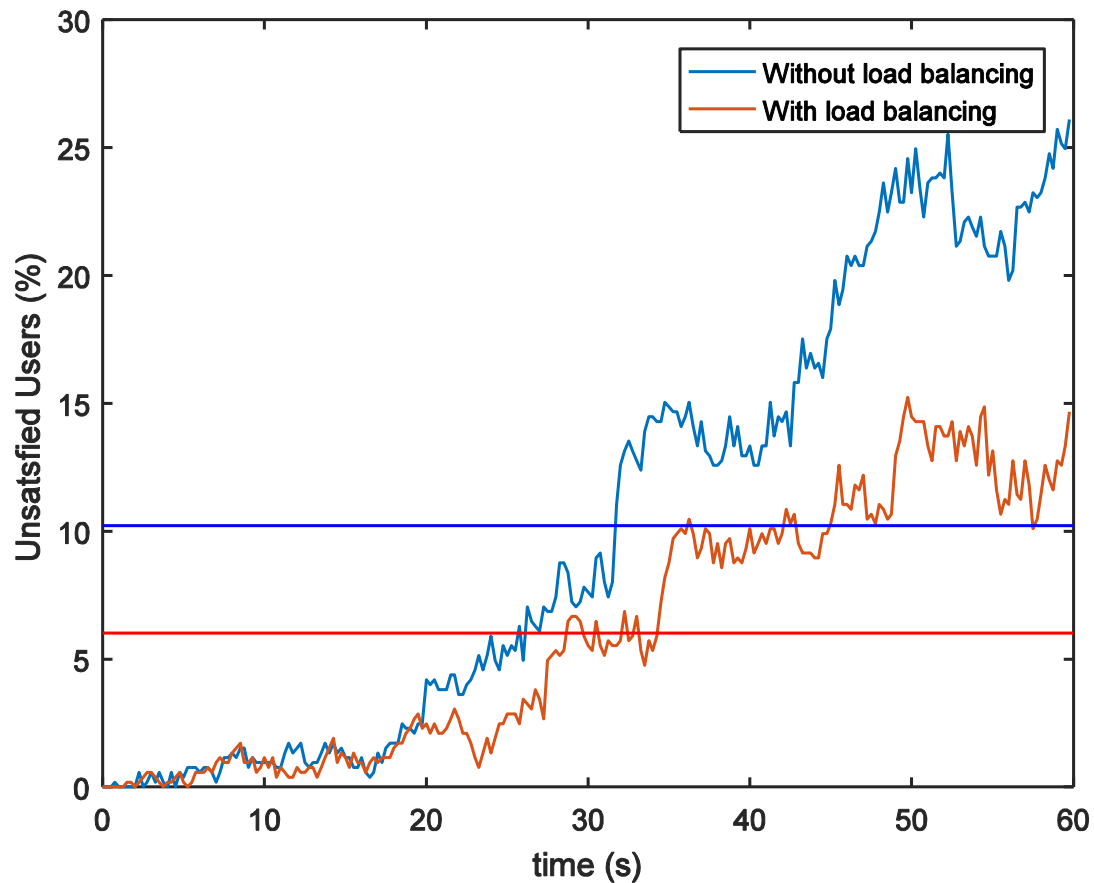
# Arquitetura de rede



## Variação dos utilizadores insatisfeitos com o tempo

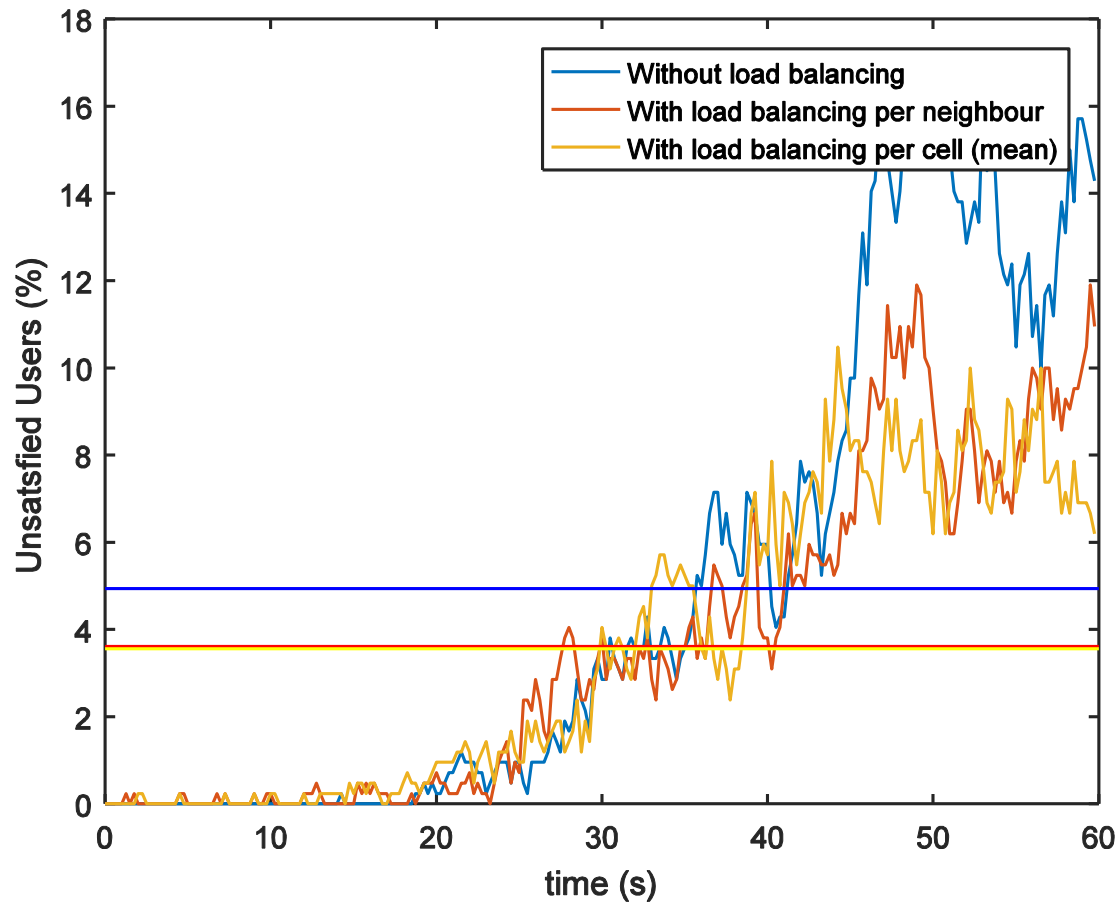


# Variação da carga na rede





# Ajustar os *offsets* por célula



## Conclusão

- O algoritmo de balanceamento de carga tem ganhos médios até 4% e ganhos máximos até 14%;
- O algoritmo de balanceamento de carga não aumenta significativamente o número de *handovers* em *ping-pong*;