



W A I A F

**Avaliação de Estratégias de Negociação
em um Mercado Financeiro Artificial
baseado em Sistema Multi-Agentes**

Michel C. R. Leles

14 de agosto

Roteiro

- ▶ Introdução
- ▶ Sistemas Multi-Agentes
- ▶ Método Proposto
 - ▶ Tipos de Agentes
 - ▶ Processo decisório
 - ▶ Mecanismos de Negociação
 - ▶ Métodos de definição dos preços
- ▶ Resultados
- ▶ Discussão
- ▶ Conclusão e Trabalhos Futuros

Introdução

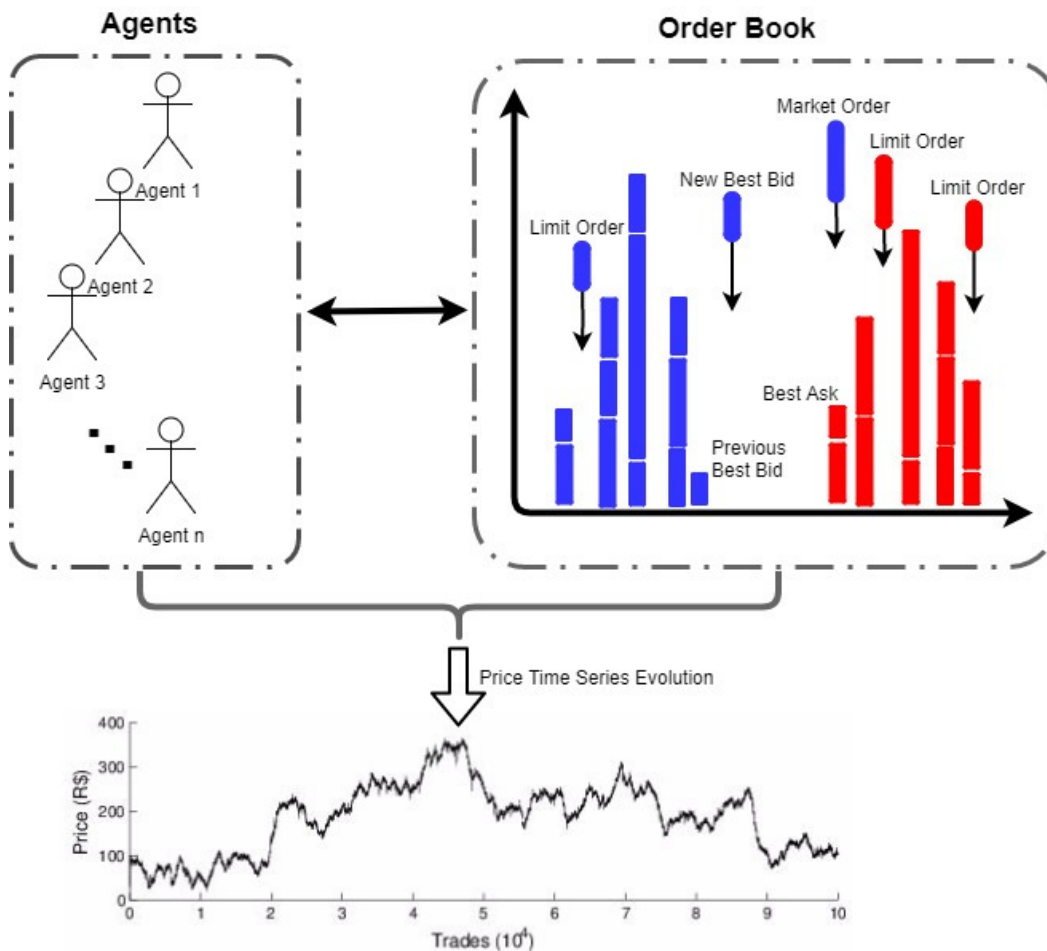
- ▶ **Mercado Financeiro**
 - ▶ Desafios → complexo, não-linear, sujeito a diversos fatores
- ▶ **Ferramentas disponíveis ao Investidor:**
 - ▶ Operação discricionária
 - ▶ Análise Fundamentalista
 - ▶ Análise Técnica
- ▶ **Avaliação de Estratégias de Negociação:**
 - ▶ Série histórica de preços
 - ▶ Mercado financeiro artificial baseado em sistemas multi-agentes

Introdução

- ▶ **Sistemas Multi-Agentes:**
 - ▶ Alternativa às ferramentas clássicas da Economia Tradicional
 - ▶ Diferentes tipos de modelo foram propostos
- ▶ **Um novo modelo é aqui proposto**
 - ▶ Modelo original de Chiarella & Iori (2002)
 - ▶ Mecanismo de negociação baseado em leilão duplo
 - ▶ Agentes heterogêneos (diferentes processos decisórios)
 - ▶ Utilização do livro de ordens para formação do preço
 - ▶ Avaliação do desempenho dos agentes
- ▶ **Série temporal resultante apresenta “fatos estilizados”**

Modelo Proposto

► Mecanismo de Negociação:

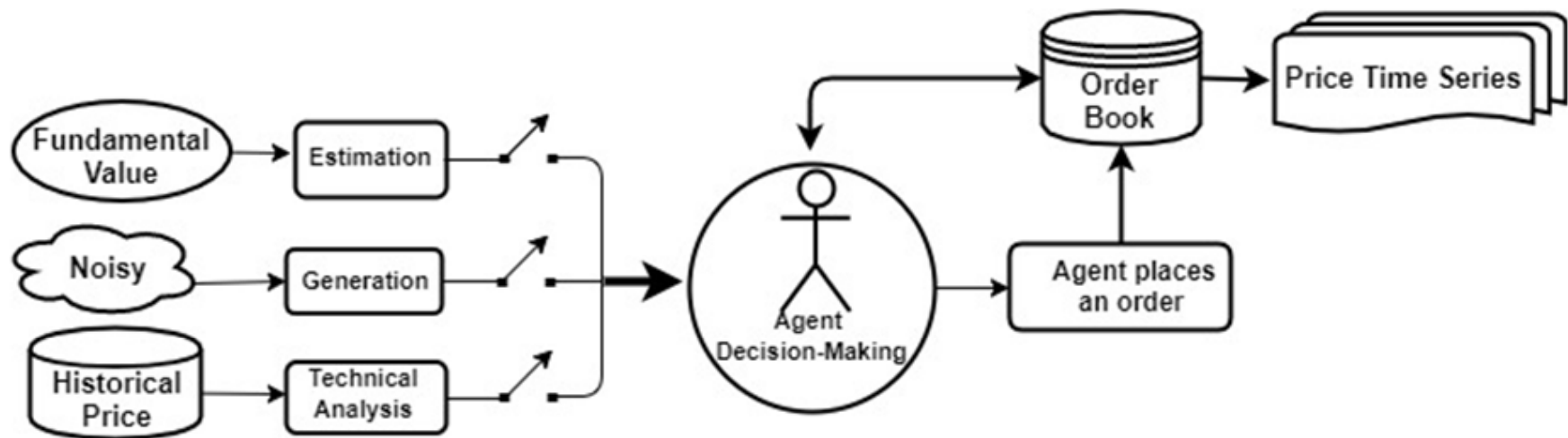


$$\begin{cases} \hat{p}_t = b_t^i, & \text{if } \hat{p}_t \geq p_t; \\ \hat{p}_t = a_t^i, & \text{if } \hat{p}_t < p_t. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{Limit Order,} & \text{if } b_t^i < a_t^*; \\ \text{Market Order,} & \text{if } b_t^i \geq a_t^*. \end{cases}$$

Modelo Proposto

► Processo Decisório:



► Chiarella & Iori (2002):

► Retorno:

$$\tilde{r}_{t,t+\tau}^i = g_1^i \frac{p^f - p_t}{p_t} + g_2^i \bar{r}_{L_i} + n_i \varepsilon_t$$

► Preço Estimado: $\tilde{p}_{t+\tau}^i = p_t e^{\tilde{r}_{t,t+\tau}^i}$

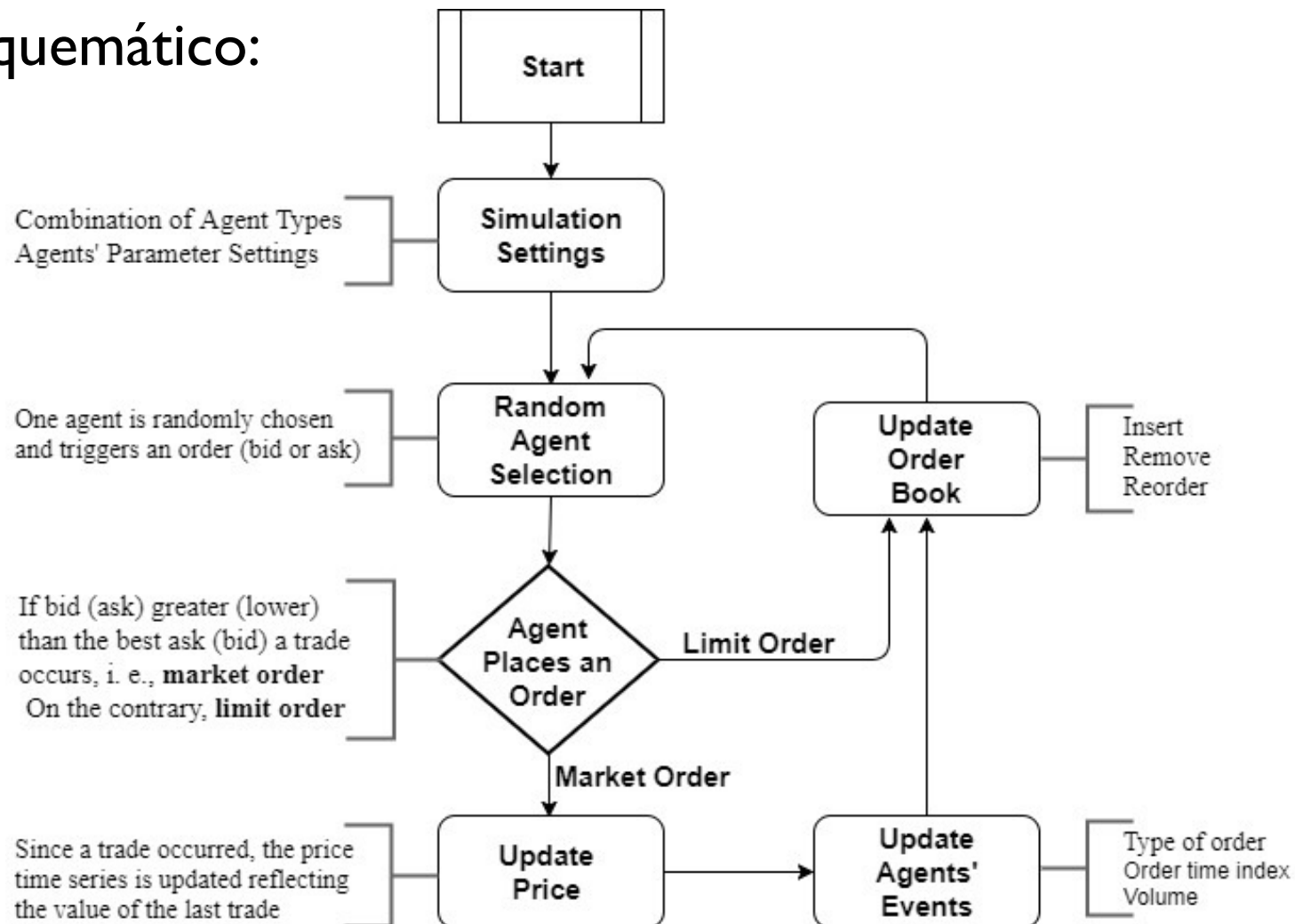
► Análise Técnica:

► Média Móvel: $MA_t[L] = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L p_l$

► Momentum: $M_t[K] = p_t - p_{t-K}$

Modelo Proposto

► Esquemático:

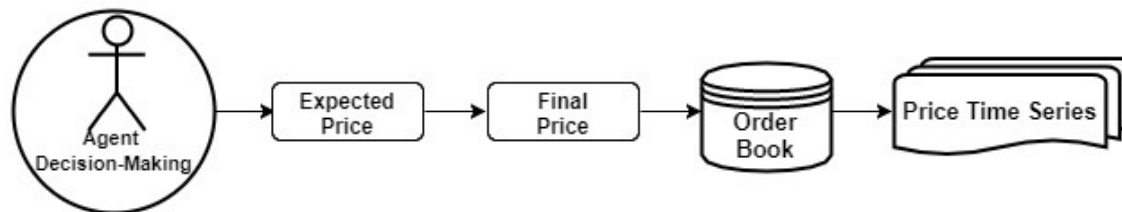


Modelo Proposto

► Definição do preço

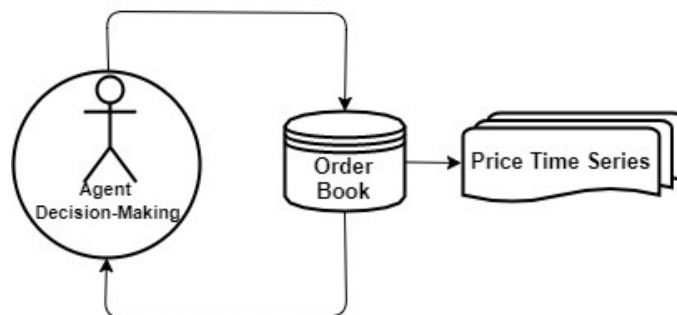
► Preços estimados: $\tilde{p}_{t+\tau}^i = p_t e^{\tilde{r}_{t,t+\tau}^i}$, $\text{MA}_t[L] = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L p_l$, $M_t[K] = p_t - p_{t-K}$

► Modelo de Chiarella & Iori (2002):



$$\begin{aligned} b_t^i &= \hat{p}_{t+\tau}^i (1 - k^i) \\ a_t^i &= \hat{p}_{t+\tau}^i (1 + k^i) \end{aligned}$$

► Interagindo com o livro de ordens

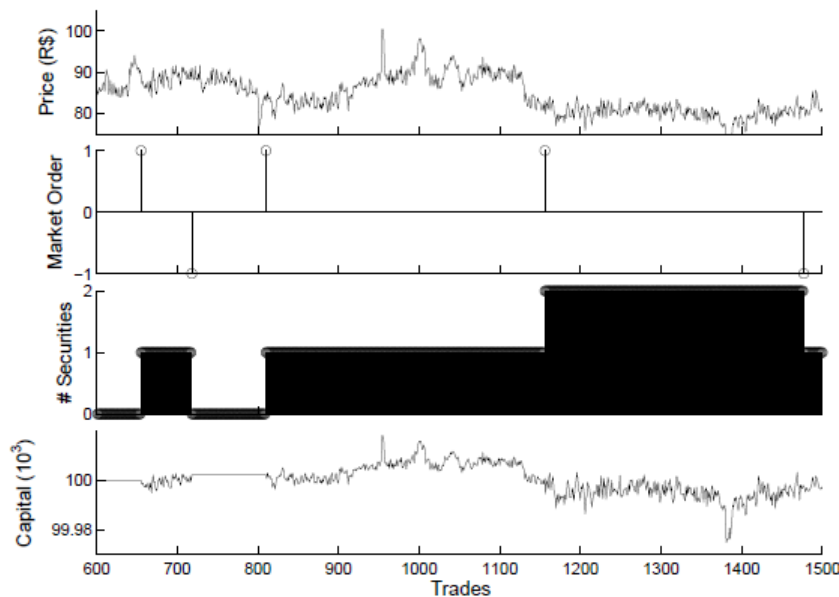


$$\begin{aligned} b_t^i &= b_t^* + \kappa^i \\ a_t^i &= a_t^* - \kappa^i \end{aligned}$$

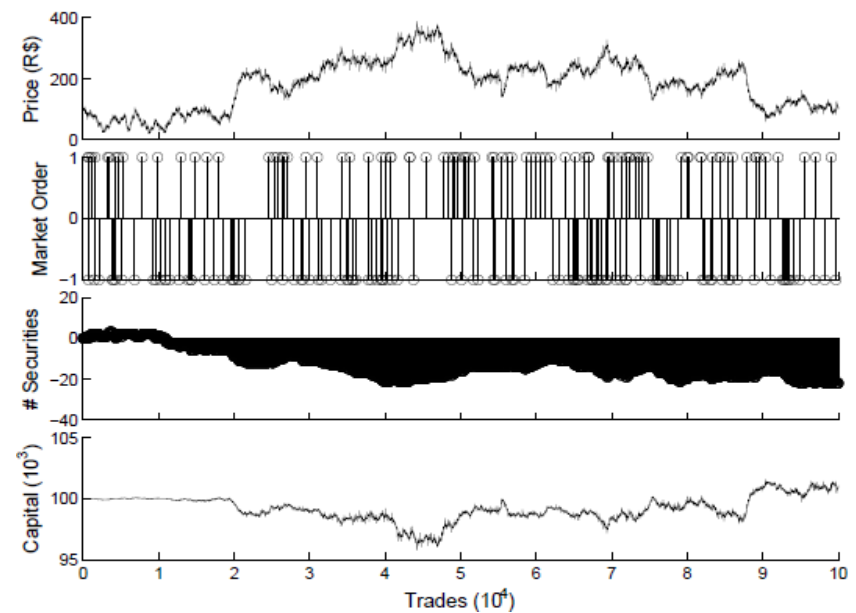
Modelo Proposto

- ▶ Etapas para cálculo da curva de capital de um agente

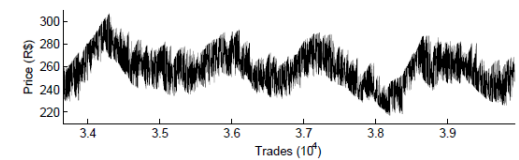
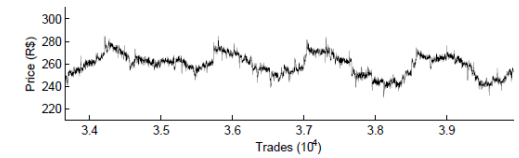
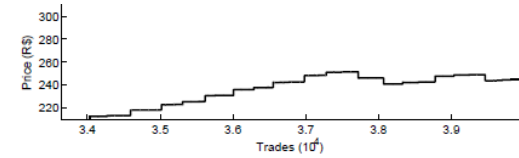
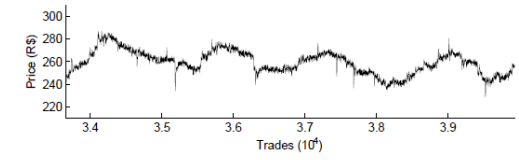
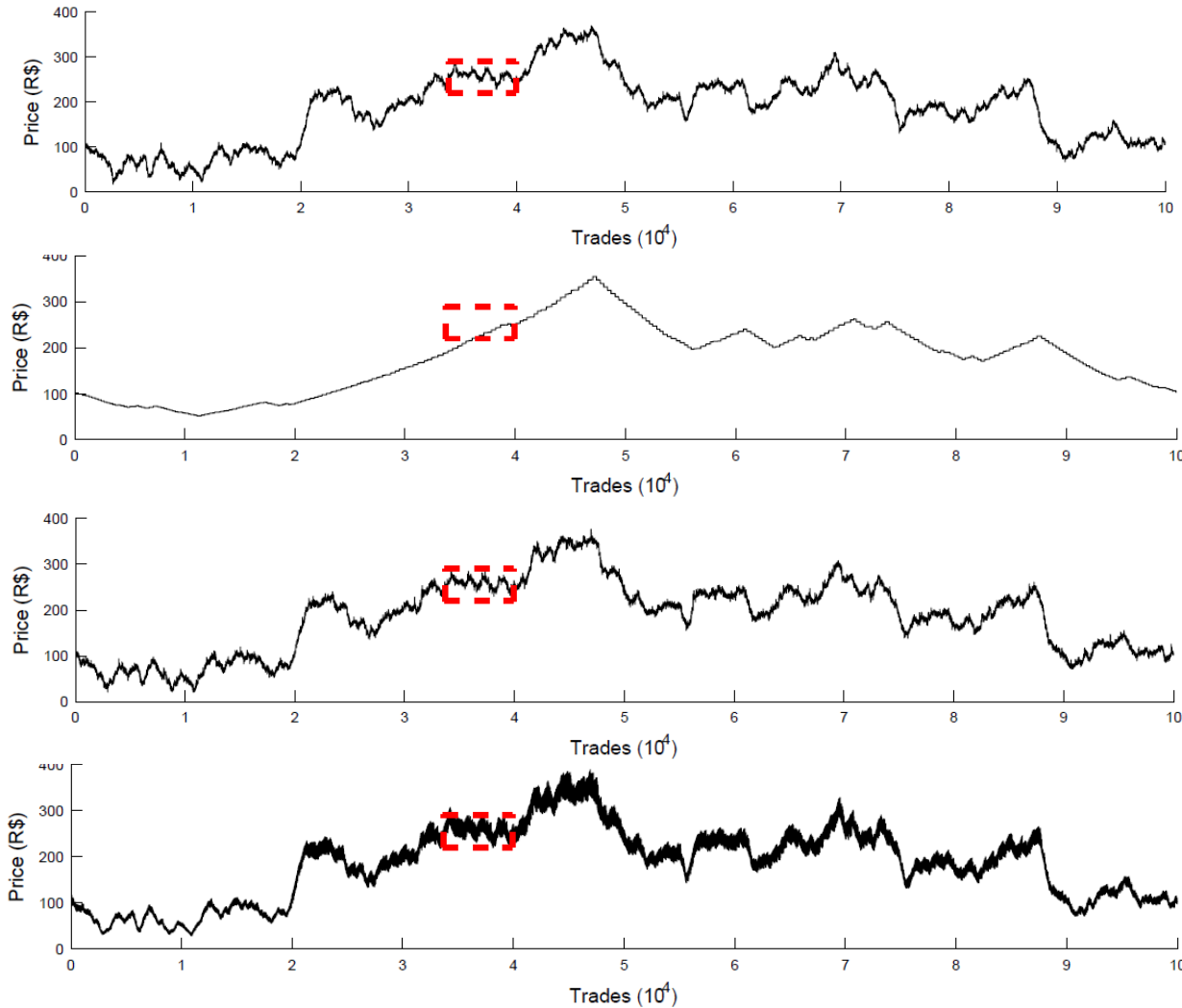
Detalhe Inicial



Simulação Completa



Resultados

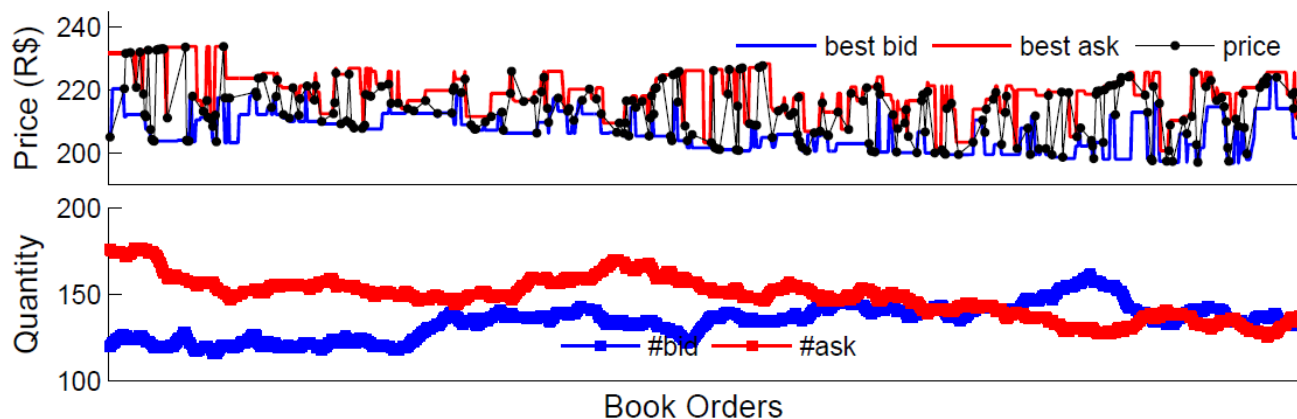


Resultados

► Utilizando-se o Livro de Ordens:

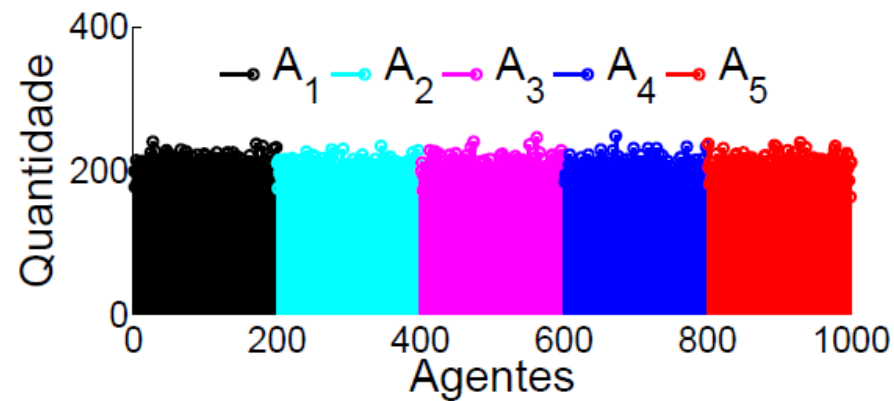


► Sem utilizar o Livro:

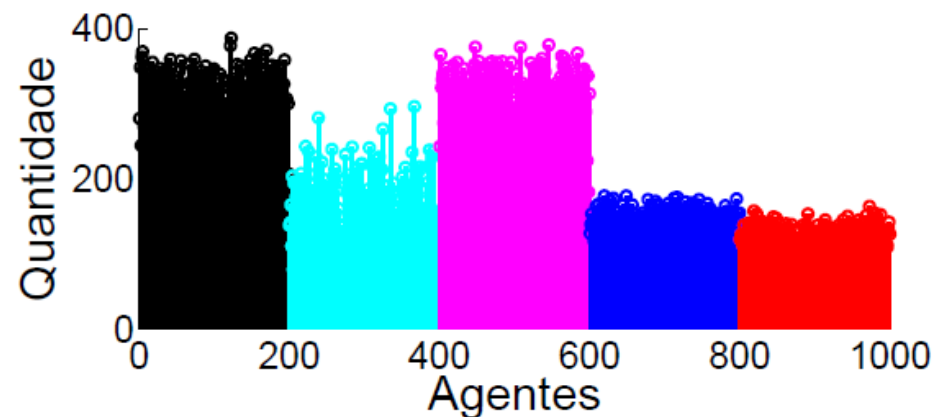


Resultados

► Usando o Livro de Ordens:

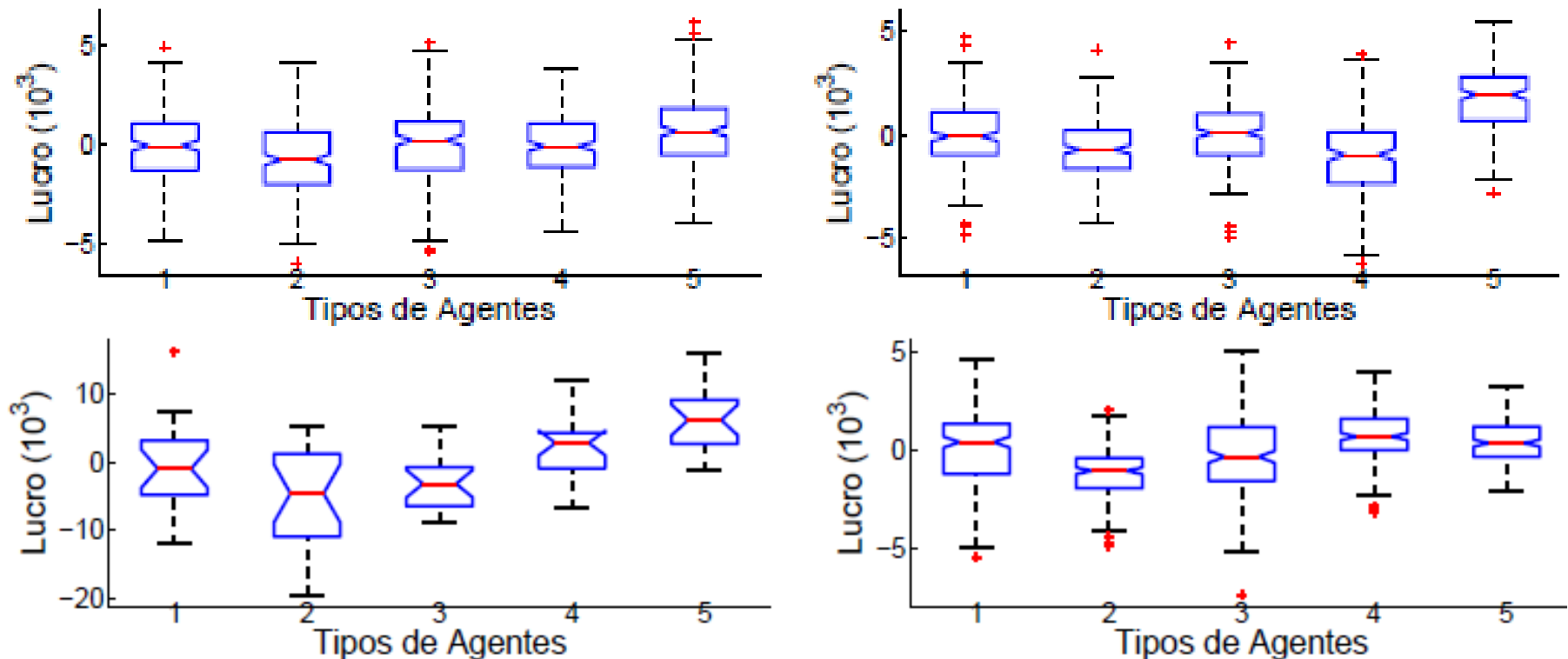


► Sem usar o livro:



Resultados

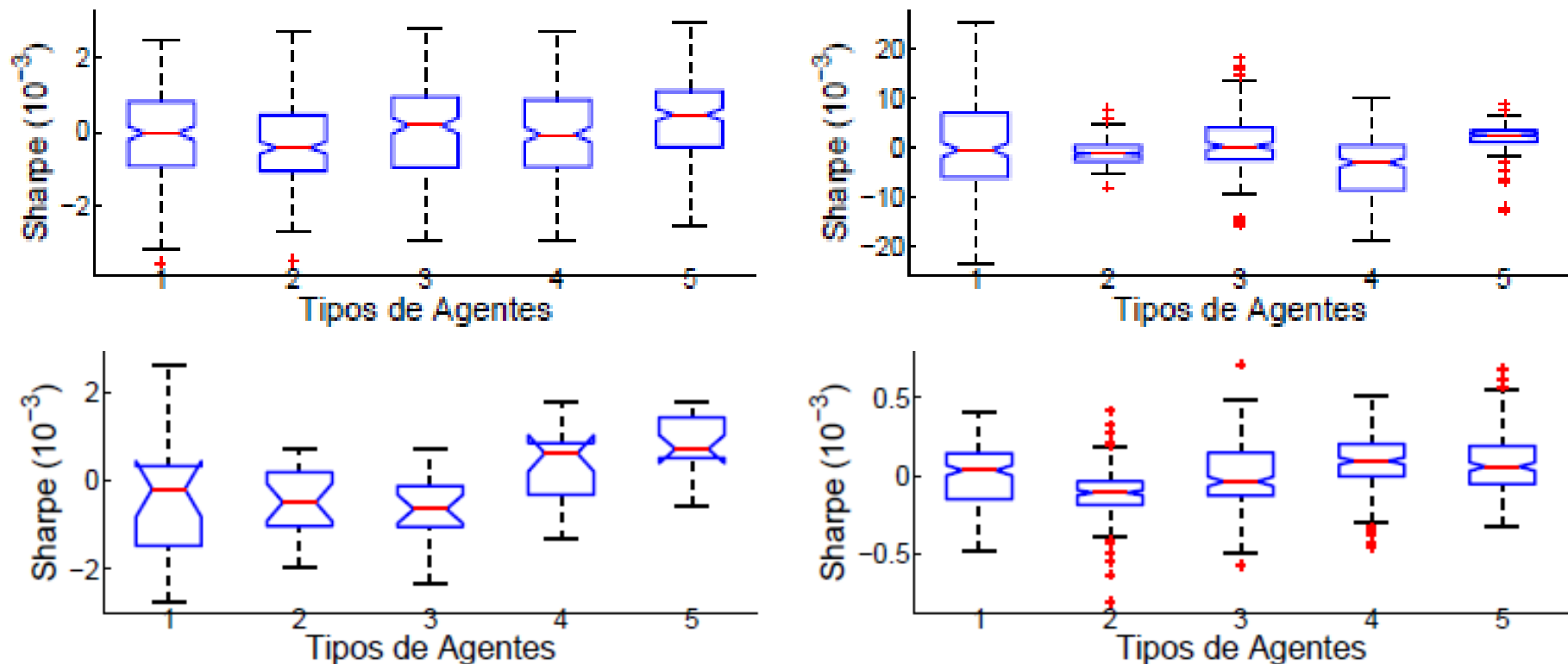
► Lucro (capital: final - inicial)



► De forma geral, não houve diferença estatisticamente significativa entre as distribuição de cada tipo de agente

Modelo Proposto

► Índice de Sharpe



- De forma geral, não houve diferença estatisticamente significativa entre as distribuição de cada tipo de agente

Discussão

- ▶ Mercado Financeiro Artificial
- ▶ Agentes com diferentes premissas para previsão de preço
- ▶ Dois métodos para definição do preço final:

$$\begin{aligned} b_t^i &= \hat{p}_{t+\tau}^i (1 - k^i) \\ a_t^i &= \hat{p}_{t+\tau}^i (1 + k^i) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_t^i &= b_t^* + \kappa^i \\ a_t^i &= a_t^* - \kappa^i \end{aligned}$$

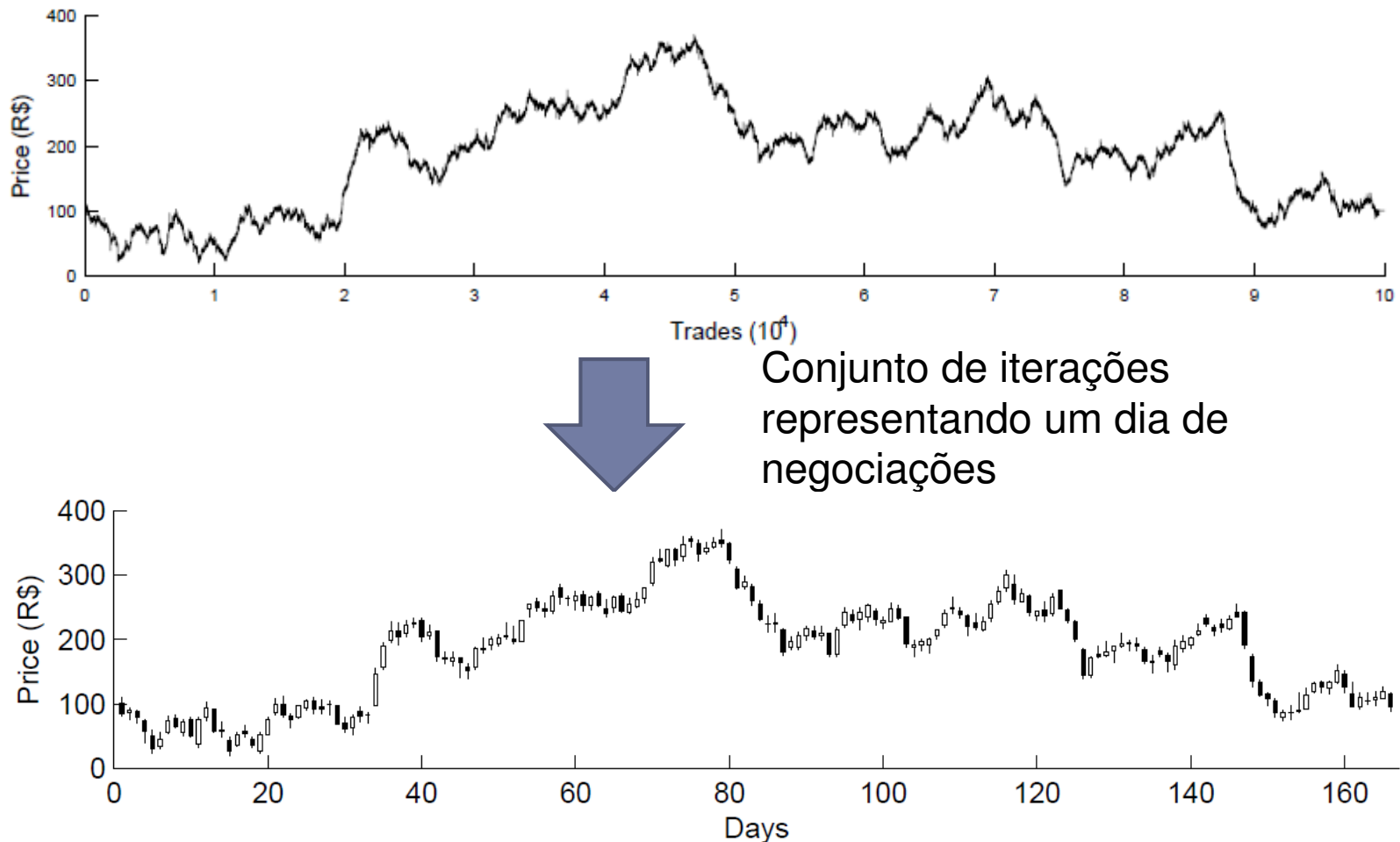
- ▶ Primeiro método é comum: Lebaron & Yamamoto (2007); Chiarella, Iori & Perelló (2009); Yim, Oh & Kim (2017).
- ▶ Análise do livro de ordens. Revisões detalhadas em Cason & Friedman (1996) ou Gould *et. al* (2013).
- ▶ Séries temporais resultantes apresentaram fatos estilizados
- ▶ Agentes não são adaptativos
- ▶ Fora do escopo: discussão acerca da eficiência do mercado

Conclusão e Trabalhos Futuros

- ▶ Plataforma para simulação de um mercado financeiro artificial baseado em agentes heterogêneos
- ▶ Comparação das distribuições dos índices de desempenho
- ▶ Alternativa ao uso de séries históricas para avaliação de estratégias de negociação
- ▶ Trabalhos Futuros:
 - ▶ Agentes adaptativos, capazes de aprender, dotados de IA
 - ▶ Variações: riqueza inicial do Agente e volume de ações negociado
 - ▶ Alavancagem
 - ▶ Rede de interação entre os agentes
 - ▶ *High Frequency Trading vs Day Trading*

Conclusão e Trabalhos Futuros

► High Frequency Trading vs Day Trading



Referências (desta apresentação)

- ▶ Cason, T. N., & Friedman, D. (1996). Price formation in double auction markets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 20(8), 1307-1337.
- ▶ Chiarella, C., & Iori, G. (2002). A simulation analysis of the microstructure of double auction markets. *Quantitative finance*, 2(5), 346-353.
- ▶ Chiarella, C., Iori, G., & Perelló, J. (2009). The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order flows. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(3), 525-537.
- ▶ Gould, M. D., Porter, M. A., Williams, S., McDonald, M., Fenn, D. J., & Howison, S. D. (2013). Limit order books. *Quantitative Finance*, 13(11), 1709-1742.
- ▶ LeBaron, B., & Yamamoto, R. (2007). Long-memory in an order-driven market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 383(1), 85-89.
- ▶ Yim, K., Oh, G., & Kim, S. (2016). Understanding financial market states using an artificial double auction market. *PloS one*, 11(3).

Encerramento



W A I A F

Obrigado!

Contato: mleles@ufsj.edu.br