

# 1 Introdução

Ultimamente, o mercado financeiro tem aplicado diversas técnicas computacionais. Tais técnicas permitem coletar um grande volume de informações de forma rápida, aplicar estratégias cada vez mais inteligentes e atuar, o quanto antes no mercado visando à redução de prejuízos e o aumento dos lucros.

Um dos paradigmas escolhidos para alcançar tais objetivos é o de Sistemas Multi-Agente (SMA) (Jennings 2000, Wooldridge 1998), que tem apresentado um crescente uso em diferentes domínios (LeBaron 2000). Esses sistemas são compostos por agentes de softwares independentes, isto é, componentes de software autônomo, pró-ativo, orientado a objetivos e que interagem com outros componentes podendo adaptar os seus comportamentos. SMA torna-se interessante para o mercado financeiro, pois aliando as características de um agente de software ao uso de boas estratégias de investimento, os agentes podem ser importantes aliados em ganhos financeiros, como por exemplo, em investimentos na bolsa de valores.

Esta dissertação tem por objetivo demonstrar brevemente como técnicas computacionais podem auxiliar e ou desenvolver o trabalho humano no mercado financeiro. Visto que, com tais técnicas é possível tomar decisões baseadas em cálculos complicados, com ausência de emoção e com uma maior rapidez.

Cabe ressaltar que durante a pesquisa foi desenvolvido um framework que permite a construção de diversos simuladores de mercador financeiro. O que pode vir a facilitar aquele que quiser desenvolver e testar técnicas computacionais neste contexto. Além disso, foram desenvolvidos também dois simuladores a partir deste framework como estudo de caso. Por fim para atuar plenamente nestes dois simuladores foram desenvolvidos agentes de software com habilidades de negociar na bolsa de valores.

Alguns dos agentes de software criados neste trabalho participaram de competições a fim de terem sua eficiência testada. O que foi comprovado com a vitória de dois destes agentes e um bom desempenho dos demais.

A motivação para desenvolvimento desta pesquisa está no subcapítulo 1.1, no qual há uma descrição resumida sobre o fator motivacional para o este

trabalho. Assim fica explícito a intenção de contribuir para o desenvolvimento desta área. As informações sobre os capítulos decorrentes estão descritas com detalhes no subcapítulo 1.4.

### **1.1. Motivação**

A partir do momento que agentes de software são considerados agentes investidores no mercado financeiro, algumas perguntas devem ser respondidas: Quem garante que a estratégia de um agente investidor seria a mais adequada para um específico cenário apresentado na bolsa de valores? O quão confiável é cada agente? Dependendo das mudanças presentes na bolsa, o agente conseguiria adaptar seu comportamento para tratar essas diferentes situações?

Acreditamos que uma das formas para melhor atender tais perguntas seria o uso de um ambiente de simulação robusto e confiável, que permita a reprodução de eventos que aconteçam no mundo real. Dessa forma, investidores podem testar e analisar a execução de diferentes estratégias executadas por agentes.

### **1.2. Proposta**

Nesse documento é proposto um framework baseado em agentes de software permitindo a construção de diferentes simuladores para o mercado financeiro. Exemplos de situações que podem ser criadas a partir do framework proposto seria aquelas que utilizam dados de negociações diários (também conhecidos como *day*) e dados intra-diários que são negociações ao longo do dia (também conhecidos como *intraday*).

Além disso, o framework oferece a possibilidade de criar relatórios e gráficos a partir de estatísticas geradas durante as execuções realizadas pelos agentes investidores. Esses recursos tornam-se importante para permitir melhores análises das estratégias executadas.

Além do framework proposto, a dissertação apresenta um conjunto de agentes investidores responsáveis por executar diferentes estratégias de investimento e que também apresentaram bons desempenhos na competição *Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES)* (MASSES, 2010).

### 1.3. Principais Contribuições

As principais contribuições dessa dissertação são:

1. Propor o FrAMEX (*A Multi-Agent System Framework For Automated Stock Exchange Simulation*), framework baseado em agentes de software que permite a construção de diferentes simuladores voltados ao mercado financeiro.
2. Apresentar duas instâncias do framework proposto. Uma das instâncias utiliza dados intra-day, enquanto que a outra dados inter-day.
3. Apresentar um novo método para que se possa controlar o avanço do tempo em simulações.
4. Descrever estratégias de investimento baseadas em análise técnica (Noronha, 1995) executadas por agentes investidores.
5. Descrever o desempenho desses agentes investidores em duas edições da competição MASSES (MASSES, 2010). Nessa descrição, está incluída a explicação das duas estratégias campeãs nas edições 2008 e 2010 da competição.
6. Apresentar um sistema multi-agente criado baseado em Comitê de Máquinas (Hansen e Salamon, 1990), além de um agente de software baseado em SVM (VAPNIK, 1995) para realizar negociações no mercado financeiro. O desempenho de tais agentes será apresentado usando como base um período de dados históricos da BM&FBOVESPA, e executado nas instâncias criadas a partir do framework FrAMEX.

### 1.4. Organização do Documento

A dissertação está estruturada da seguinte forma:

- No capítulo 2 são apresentados conceitos importantes para o entendimento do trabalho proposto.
- No capítulo 3 são apresentados alguns trabalhos relacionados, mostrando uma visão geral do estado da arte em relação à questão de ferramentas de simulação para o mercado financeiro e estratégias de investimento automatizadas.

- No capítulo 4 é apresentado o FrAMEx, framework baseado em agentes de software para criação de simuladores para o mercado financeiro.
- No capítulo 5 são apresentadas duas instâncias do FrAMEx: primeiro um simulador que utiliza dados intra-day, e em seguida um simulador utilizando inter-day.
- No capítulo 6 é descrito um conjunto de agentes investidores, responsáveis por administrar de forma automatizada ativos de risco no mercado financeiro.
- No capítulo 7 é apresentada uma análise de alguns agentes apresentados no capítulo 6 utilizando como ambiente de execução os simuladores apresentados no capítulo 5, que foram criados a partir do FrAMEx.
- No capítulo 8 é descrito o desempenho de alguns agentes investidores participantes de duas versões da competição MASSSES e apresentados no capítulo 6.
- No capítulo 9 são apresentados os trabalhos futuros e conclusões do trabalho proposto.