

1 Introdução

O crescente avanço no acesso à informação, principalmente através da rede mundial de computadores, aumentou o ritmo de mudanças, impondo uma diminuição no tempo necessário para adquirir informações e tomar decisões. Com a eficiência da tecnologia, as barreiras de espaço e tempo foram excedidas e proporcionaram o surgimento de novas maneiras de propagar conhecimento e originar capital, impulsionando consideráveis mudanças nas forças econômicas e sociais que norteiam o comportamento das empresas e da sociedade em geral.

Inserido nesse cenário, se encontra o mercado de valores, que é um ambiente dinâmico onde, a partir do avanço tecnológico, é possível que uma pessoa comum, apenas com conta corrente em algum banco, possa comprar e vender ações de maneira rápida, direta, segura e com taxas acessíveis. Em contrapartida, a realidade encontrada no final dos anos 90, onde as informações referentes aos mercados de valores não eram disponibilizadas de maneira tão rápida, as ordens de compra e venda de ações eram executadas por telefone e futuramente via e-mail através de corretores de valores.

No meio dessas mudanças surgia a pessoa comum, sem o conhecimento necessário para investir nesse mercado tão volátil, de aprendizado demorado e riscos maiores. Iludidos pelos altos ganhos que o mercado pode proporcionar, os novos investidores acabam tendo prejuízos devido à falta de conhecimento e das técnicas de análise das melhores opções de investimento.

Na tentativa de tornar esse processo mais seguro e rentável, pode-se mapear e implementar computacionalmente as técnicas de análise, o que faz do mercado de valores um excelente domínio de aplicação para desenvolver a tecnologia de Engenharia de Software para Sistemas de Multi-Agentes (ESSMA) e inteligência artificial [21] [22] [23]. Novos sistemas de multi-agentes podem ser desenvolvidos utilizando as mais diversas técnicas disponíveis na literatura para implementar agentes de software com capacidade e autonomia suficientes para

realizar análises e decidir quais são os melhores momentos para investir com menor risco e maior rentabilidade.

1.1. Motivação

Após a participação de uma equipe formada no Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio na competição ART-Testbed [10], percebeu-se que seria interessante criar outras competições baseadas em agentes de software, que estivessem mais relacionadas à indústria. Nos estudos realizados foi constatado que não existem simuladores voltados para o desenvolvimento de novas técnicas para investir no mercado de valores utilizando recursos computacionais. A partir dessa motivação, foi definida a criação de um sistema multi-agentes, chamado Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES), responsável por simular um ambiente de negociação no mercado de valores.

Diversas competições referentes à área de Sistemas Multi-Agentes (SMA) têm estimulado a pesquisa em diferentes setores. Competições como Trading Agent Competition (TAC) [1] [2] e Agent Reputation and Trust (ART) Testbed [3] [4] [5] são casos de sucesso em que pesquisadores de diferentes instituições participam ativamente e que proporcionam trocas de conhecimento entre os participantes. A primeira competição promove e encoraja a pesquisa em domínios de compra e venda (trading), enquanto que a segunda define um cenário sobre avaliações de pinturas baseado no conceito reputação. Nessa competição, os agentes são avaliadores de pinturas que, em diversas situações, precisam interagir com outros agentes para realizarem uma boa avaliação. No entanto, decidir que avaliadores são honestos e úteis torna-se o grande desafio da competição.

1.2. Sistemas de Multi-Agentes

De acordo com [22] [23], modelar e desenvolver projetos de sistemas complexos e de alta qualidade é um desafio para os profissionais de TI. Para guiar nesse processo de desenvolvimento várias técnicas de engenharia de software foram propostas, como linguagens declarativas, orientação a objetos, orientação a

aspectos, frameworks, design patterns, entre outras. Cada técnica que se mostra aplicável ao mercado é defendida como sendo a melhor possibilidade para enfrentar os desafios encontrados, embora a comunidade acadêmica esteja sempre buscando novas técnicas de engenharia de software que sejam mais eficientes e definitivas.

Sistemas multi-agentes (SMAs) são sociedades onde agentes de software, representando entidades autônomas e heterogêneas, podem interagir para tratar objetivos comuns ou distintos. Agentes de softwares são sistemas encapsulados em algum ambiente, que são capazes de executar ações autônomas no ambiente para atender a objetivos definidos na sua modelagem. Na literatura, um agente de software deve possuir as seguintes características:

- **Autonomia:** capacidade de selecionar tarefas, trabalhar de acordo com objetivos e tomar decisões.
- **Persistência:** agentes não são processados por partes, são sistemas que executam continuamente e decidem por si quando executar qualquer atividade relacionada ao seu propósito.
- **Reatividade:** capacidade de perceber o ambiente onde estão inseridos e agir de forma apropriada.
- **Sociabilidade:** capacidade de se relacionar com outros agentes; através desses relacionamentos é que os agentes podem interagir com o intuito atingir os objetivos propostos. Através dessa característica é que nascem os conceitos de reputação e confiança entre agentes.

Sistemas de multi-agentes incorporam ferramentas [23] desenvolvidas pelos pesquisadores de engenharia de software para tratar os problemas encontrados no desenvolvimento de sistemas complexos e de alta qualidade como:

- **Decomposição:** técnica que divide grandes problemas em problemas menores. Agentes podem ser desenvolvidos para resolver cada pequeno problema e através da interação entre eles resolver os problemas maiores.
- **Abstração:** processo de identificar e definir modelos de sistemas simplificados. Agentes podem ser definidos como responsáveis por implementar esses modelos.

- **Organização:** processo de identificar e gerenciar os relacionamentos entre entidades responsáveis por resolver problemas. Agentes podem ser eleitos coordenadores e garantir que todas as regras de relacionamento entre agentes sejam respeitadas.

1.3. Mercado de Valores

O mercado de valores é um mercado dinâmico, que exige boa formação para negócios, atenção às mudanças mais sutis, dedicação para avaliação do desempenho das empresas nas bolsas de valores e ousadia.

O mercado de valores [12] [14] é estruturado da seguinte maneira:

- **Empresas de capital aberto:** são empresas, que disponibilizam bens mobiliários (ações, debêntures, bônus de subscrição, partes beneficiárias e notas promissórias) para serem negociados nas bolsas de valores;
- **Corretoras de valores:** são instituições credenciadas e habilitadas a negociar bens mobiliários nos sistemas das bolsas de valores. As corretoras de valores são intermediárias entre o investidor e a bolsa de valores, ou seja, são responsáveis pelo investimento dos recursos disponibilizados pelos investidores no mercado de compra e venda de ações, por exemplo, nas bolsas de valores;
- **Investidores:** são indivíduos ou empresas que desejam investir parte de seus recursos financeiros em bens mobiliários, de curto, médio e longo prazo, negociados na bolsa de valores. Os investidores somente estão habilitados a investir na bolsa de valores através das corretoras de valores. Os investidores podem ou não utilizar os serviços das corretoras de valores para decidir em quais ações devem investir, mas a transação de efetivação de compra e venda de ações deve ser sempre executada por corretoras de valores credenciadas;
- **Bolsa de Valores:** são associações civis para negociação de ações de empresas de capital aberto. Exemplos de bolsas de valores são: Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), Bolsa de Valores de Nova Iorque (NYSE);

- Comissão de Valores Mobiliários (CVM): é a responsável por fiscalizar, punir e garantir maior transparência nas transações efetuadas nos mercados de valores e de balcão, para os investidores e empresas de capital aberto.

O investimento em ações é considerado como sendo de renda variável, ou seja, com risco envolvido. Por isso, especialistas da bolsa recomendam que os investimentos sejam diversificados: o investidor deve investir apenas parte de seu capital no mercado de ações. Esses investimentos na bolsa são considerados investimentos em patrimônio, ou seja, o investidor se torna “sócio” da empresa ao adquirir suas ações.

A formação é outro fator determinante. Os investidores devem sempre procurar aprimorar os seus conhecimentos, buscar ajuda especializada e assessoria para reduzir os riscos das suas opções de investimento.

Esse trabalho somente irá tratar bens mobiliários referentes às ações, que são documentos que representam uma fração do capital social das empresas de capital aberto. Os seus donos podem retirar dividendos (parte proporcional dos lucros) e até, dependendo do tipo da ação, têm poder de voto nas assembleias.

1.4. Objetivos

O objetivo dessa dissertação é apresentar o simulador MASSES, cuja principal contribuição é promover competições que estimulem a comunidade acadêmica a desenvolver estratégias para o domínio mercado de valores, sendo o resultado mais palpável. Tais estratégias podem ser desenvolvidas utilizando: (i) técnicas de Engenharia de Software para Sistemas de Multi-Agentes (ESSMA), (ii) inteligência artificial e (iii) técnicas de análise de investimento [16].

1.5. Organização da Dissertação

No capítulo 2, são apresentados alguns trabalhos relacionados. Dentre eles, destacam-se simuladores para sistemas de multi-agentes voltados para

competições, competições que não utilizam ESSMA e alguns sistemas de multi-agentes voltados para o mercado de valores.

No capítulo 3, o MASSES (Multi-Agent System for Stock Exchange Simulator) é apresentado, seguido de sua arquitetura.

No capítulo 4, técnicas de tecnologia da informação, análise técnica e dois agentes de software, que implementam estratégias de investimento que serão testadas no simulador, são descritos.

No capítulo 5, são apresentados os principais resultados obtidos através dos testes executadas com os agentes de software definidos no capítulo anterior.

No capítulo 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho.