

PUC

ISSN 0103-9741

Monografias em Ciência da Computação
nº 34/08

Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation- MASSES

Sérgio Ciglione Azevedo

Manoel Teixeira de Abreu Netto

Andrew Diniz da Costa

Bruno de Souza e Silva Borsato

Fábio Azevedo Soares

Carlos José Pereira de Lucena

Departamento de Informática

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 - CEP 22451-900

RIO DE JANEIRO - BRASIL

Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation - MASSES

Sérgio Ciglione Azevedo, Manoel Teixeira de Abreu Netto,
Andrew Diniz da Costa, Bruno de Souza e Silva Borsato,
Fábio Azevedo Soares¹, Carlos José Pereira de Lucena

¹Departamento de Engenharia Elétrica – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

{sazevedo, mnetto, acostaa, bborsato, lucena}@inf.puc-rio.br, fazevedo@ele.inf.puc-rio.br

Abstract. Competitions based on Multi-Agent Systems have encouraged the academic community to conduct several contributions in the area. Based on real world cases, the Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES) was conceived. The application domain used by the simulator is the Stock Exchange Market, where agents play the investor's role. From the MASSES studies between different strategies can be carried out and the results analyzed in order to verify how they behave in different situations. This paper aims to explain MASSES, in addition to show test results from the investment strategies used in the real world.

Keywords: Multi-Agent System, Stock Exchange, Competition, Artificial Intelligence.

Resumo. Competições baseadas em Sistemas Multi-Agentes estimulam pesquisadores a realizarem diversas contribuições para a área. Baseado em casos de sucesso, o simulador Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES) foi criado. O domínio usado pelo simulador é Mercado de Valores, onde agentes desempenham o papel de investidor. Através do MASSES pode-se realizar estudos comparativos entre diferentes estratégias e analisar como elas se comportam em diferentes situações. Este artigo visa explicar o simulador MASSES, além dos testes realizados a partir de estratégias de investimento utilizadas no mundo real.

Palavras-chave: Sistema Multi-Agente, Bolsa de Valores, Competição, Inteligência Artificial.

Responsável por publicações:

Rosane Teles Lins Castilho
Assessoria de Biblioteca, Documentação e Informação
PUC-Rio Departamento de Informática
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
22451-900 Rio de Janeiro RJ Brasil
Tel. +55 21 3527-1516 Fax: +55 21 3527-1530
E-mail: bib-di@inf.puc-rio.br
Web site: <http://bib-di.inf.puc-rio.br/techreports/>

Sumário

1	Introdução	1
2	Trabalhos Relacionados	1
2.1	Agent Reputation Trust Testbed (ART-Testbed)	1
2.2	Trading Agent Competition (TAC)	2
2.3	Automated Trading Championship	2
3	Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation	3
3.1	Visão Geral	3
3.2	Arquitetura	5
3.3	Estratégias para Implementação de Agentes	6
3.3.1	Agente Investidor	7
4	Testes Realizados	9
5	Considerações Finais	10
	Referências	11

1 Introdução

Diversas competições referentes à área de Sistemas Multi-Agentes (SMA) [Jennings 2000, Wooldridge 1998] têm estimulado a pesquisa em diferentes setores. Competições como Trading Agent Competition (TAC) e Agent Reputation and Trust (ART) Testbed 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 compras e vendas (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 quais avaliadores são honestos e úteis torna-se o grande desafio da competição.

Após a participação de uma equipe formada no Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio na competição ART-Testbed, percebeu-se que seria interessante criar outras competições baseadas em agentes de software, que estivessem mais relacionadas à indústria. A partir dessa motivação, foi definida a criação de um sistema, chamado Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES), responsável por simular um ambiente de negociação na bolsa de valores, onde agentes podem comprar e vender ativos (ações disponibilizadas por empresas de capital aberto).

O objetivo desse artigo é apresentar o simulador MASSES, que possui como principal meta promover competições que estimulem a comunidade acadêmica a desenvolver estratégias para o domínio mercado de valores. 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 [Noronha,1995]. Na Seção 2 são apresentados alguns trabalhos relacionados, seguida pela descrição do simulador na Seção 3. Já na Seção 4 os resultados dos testes realizados no simulador são detalhados, e finalmente na Seção 5 são apresentadas as considerações finais.

2 Trabalhos Relacionados

Nesta seção os trabalhos [Fullam et al., 2008], [Collins et al., 2008] e [MetaQuotes et al., 2008] são apresentados. Todos são competições internacionais que serviram de motivação para o trabalho proposto no artigo. O primeiro deles é referente à competição ART-Testbed, que possui a abordagem em que agentes de software realizam negociações entre eles, considerando o conceito de reputação. Já o segundo trabalho é sobre outra competição na área de sistemas multi-agentes, Trading Agent Competition, que procura promover e encorajar a pesquisa na área de negociação (trading). E, finalmente, o terceiro trabalho se refere a uma competição sobre bolsa de valores não baseada em agentes de software.

2.1 Agent Reputation Trust Testbed (ART-Testbed)

A competição *ART-Testbed* [Fullam et al., 2007] [Fullam et al., 2008], já em sua terceira edição e realizada no AAMAS'08, foi criada com o intuito de definir um ambiente de testes para agentes de software que utilizam o conceito de reputação. Através da simu-

lação, de um ambiente de negócio onde clientes compram avaliações sobre pinturas, cada agente participante do jogo é um provedor do serviço (avaliador de pintura) responsável por vender suas opiniões quando requisitado.

Cada pintura possui uma “era” específica, isto é, uma categoria na qual a mesma se enquadra para avaliação. No início de cada jogo, os avaliadores recebem de forma randômica os graus de conhecimento para cada “era”. Durante os jogos estes graus podem mudar, sendo assim atribuídos novos valores. Como em certas situações um avaliador pode receber pinturas pertencentes a determinadas “eras”, das quais ele não possui um grau de conhecimento muito satisfatório, o mesmo pode interagir com os outros avaliadores presentes no jogo para aprimorar sua avaliação e assim tornando-a mais precisa. No entanto, quando um agente provê uma informação a partir de uma requisição realizada por algum outro agente competidor, não necessariamente a resposta fornecida será confiável e útil para o solicitador da informação.

Em 2007, uma equipe formada no Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio, participou da competição e conseguiu um bom desempenho com o agente desenvolvido [Costa et al., 2007] [Costa et al., 2008]. No entanto, algumas críticas sobre a competição foram levantadas, em especial a escolha do domínio de pinturas para representar os conceitos de reputação baseado em agentes, já que há uma grande dificuldade em aplicar na indústria as estratégias propostas pelos competidores. A partir disso, a equipe decidiu criar uma competição que pudesse: (i) ter maior aplicabilidade na indústria, (ii) ser baseada em agentes e (iii) que pudesse representar o conceito reputação. Dessa forma, a competição Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation foi criada.

2.2 Trading Agent Competition (TAC)

Diferentemente do ART-Testbed mencionado na subseção anterior, o TAC é uma competição do AAMAS em que o domínio é fortemente relacionado com a indústria. Atualmente, em sua sétima edição, é considerada um fórum internacional que visa promover e encorajar a pesquisa em domínios de compra e venda baseados em agentes de software.

O TAC divide-se em duas competições: TAC classic e TAC SCM. A primeira competição determina que cada agente competidor é um agente de viagem, que possui o objetivo de vender pacotes de viagem para clientes de diferentes perfis e comportamentos. O objetivo final de cada agente é maximizar a satisfação total dos seus clientes. Já a competição TAC SCM é designada para capturar muitos dos desafios envolvidos em cadeias de fornecimento. O jogo consiste em agentes, que desempenham o papel de fornecedores e são responsáveis por construir computadores pessoais, compostos por diferentes componentes, para que a seguir possam ser vendidos para clientes. Aquele que obtiver o maior montante de dinheiro ao final do jogo, é o vencedor.

O TAC é um exemplo de competição que integra o conceito de agentes de software com domínios aplicáveis na indústria. Como a competição é um exemplo de sucesso na área de sistemas multi-agentes, o MASSES procura seguir a mesma linha e ser outro motivador para pesquisadores da área.

2.3 Automated Trading Championship

Esta é uma competição sobre bolsa de valores, não baseada no conceito de agentes, que possui como principal objetivo popularizar negociações automatizadas e a linguagem

de programação MetaQuotes Language 4 (MQL 4). Essa linguagem permite a criação do seu próprio Recomendador Especialista (Expert Advisor), que realiza o gerenciamento de negociações de forma automatizada e que são adequadas para implementar diferentes tipos de estratégia.

Assim como nas duas primeiras versões da competição, em 2006 e 2007, em 2008 diversos Expert Advisors poderão negociar uns com os outros visando ganhar o máximo de dinheiro. O ambiente de simulação permite o acompanhamento de diferentes sistemas de negociação comportando-se em condições reais de mercado, além de permitir distinguir quais estratégias e táticas são eficientes para as situações apresentadas.

Assim como o Automated Trading Championship, o MASSES também retrata seus jogos de maneira realista, ou seja, permite que as estratégias definidas por agentes de software possam ser reutilizadas no mundo real. Enquanto o trabalho relacionado segue as regras definidas pelo mercado Forex [Forex, 2008], o MASSES segue as regras brasileiras estipuladas pela CVM (Ministério da Fazenda 2008) para retratar o mercado brasileiro na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA).

3 Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation

A participação da competição Agent Reputation Trust (ART) Testbed [Costa et al., 2007] [Costa et al., 2008] motivou o estudo do domínio mercado de valores [BOVESPA, 2008], onde agentes podem desempenhar o papel de investidores, isto é, elaborar estratégias que permitam analisar os melhores momentos para compra e venda de ativos (ações da bolsa), e determinar a quantia ideal de investimento.

O mercado de valores é um domínio dinâmico composto por diversos conceitos, dentre eles: bolsa de valores, empresas de capital aberto, investidores e corretoras de valores. As bolsas de valores são associações civis para negociação de ações de empresas de capital aberto. Essas empresas disponibilizam bens mobiliários (ações, debêntures, bônus de subscrição, partes beneficiárias e notas promissórias) para serem negociados por investidores, que são indivíduos ou empresas que desejam investir parte de seus recursos financeiros. Já as corretoras de valores são responsáveis pelo investimento dos recursos disponibilizados pelos investidores no mercado de compra e venda de ações.

Esta seção apresenta uma visão geral do simulador Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation (MASSES), seguida da sua arquitetura. Além disso, é apresentada a descrição de um agente investidor.

3.1 Visão Geral

O simulador MASSES tem como objetivo principal estimular a comunidade acadêmica a estudar o domínio mercado de valores sob a perspectiva de agentes de software e inteligência artificial. Esse ambiente de simulação utiliza dados históricos da bolsa de valores. Através dessas informações, diferentes situações que acontecem no mercado real são simuladas seguindo certas regras determinadas pela aplicação. A partir disso, diferentes estratégias podem ser definidas pelos investidores representados por agentes de software.

As simulações do MASSES são baseadas em dias correntes. Para cada dia, os agentes investidores podem determinar quais ações irão comprar ou vender. No início de cada simulação os agentes recebem uma quantia fixa de dinheiro para realização dos

investimentos. Esses investimentos são realizados a partir de estratégias definidas por cada agente (ver seção 3.3). Caso algum deles deseje comprar ou vender alguma ação, a quantidade e a ação desejada devem ser especificadas. Contudo, apenas ações pertencentes a sua carteira poderão ser vendidas. Carteira, conceito amplamente utilizado no domínio mercado de valores, é composta pelas ações e as respectivas quantidades que cada investidor adquiriu. No início da simulação a carteira de cada investidor está vazia.

O MASSES foi desenvolvido utilizando as tecnologias Microsoft C#.Net, SQL Server 2005 e a comunicação com os agentes investidores é efetuada através de WebServices, no intuito de permitir que agentes desenvolvidos a partir de diferentes linguagens de programação, como, por exemplo, Java e C#.Net, possam acessá-lo. Assim, os agentes investidores são implementados em WebServices que devem possuir as interfaces: (i) iniciar simulação, responsável por comunicar ao agente que uma nova simulação será iniciada, (ii) determinar operações, responsável por solicitar ao agente as operações de compra e venda no dia determinado pela simulação e (iii) comunicar operações efetivadas, responsável por enviar ao agente as operações que foram executadas aceitas pelo simulador no dia determinado.

Para criar uma nova simulação o usuário deverá realizar seu cadastro no simulador, além de registrar ao menos um agente investidor. Toda simulação é definida a partir das seguintes informações: (i) data inicial, (ii) duração da simulação em semanas, (iii) montante inicial fixo para todos os agentes, e (iv) ao menos um agente investidor associado.

A cada rodada da simulação, o MASSES libera o acesso a mais um período na base de dados histórica, fornece aos agentes investidores o montante disponível para investimento, além das respectivas carteiras de ações. Os agentes investidores dispõem de um período fixo de tempo de dois minutos para analisar as melhores opções de compra e venda, para informar as operações que desejam executar. O simulador analisa as operações enviadas e comunica aos agentes investidores todas as operações que foram rejeitadas, por exemplo: venda de ações que não existem na carteira do investidor ou montante de compra de ações maior que o montante disponível para investimento.

Ao final da simulação, todas as carteiras dos agentes investidores são liquidadas de acordo com o preço de fechamento referente a data de finalização da mesma para que assim o montante final seja gerado. A Figura 1 ilustra a idéia geral do simulador.

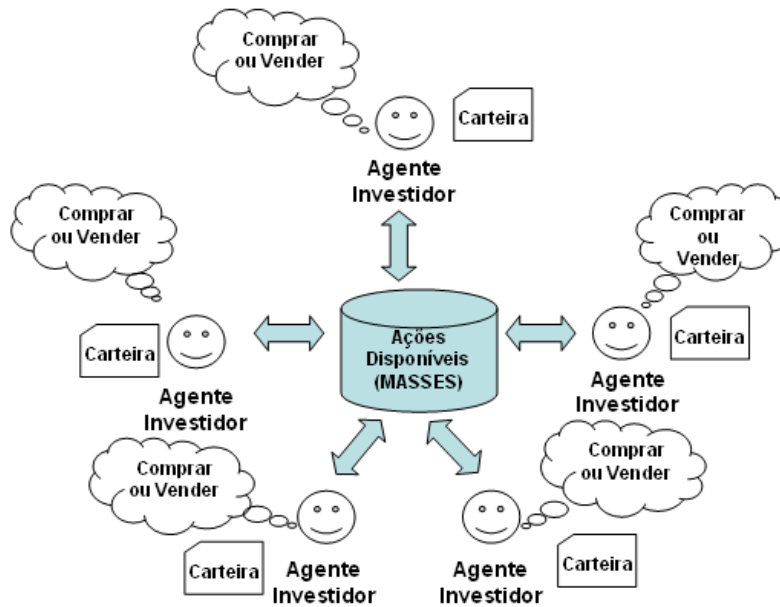


Figura 1. Visão Geral do MASSES

O simulador também fornece a visualização do desempenho de todos os agentes investidores que participaram da simulação, ordenados de maneira decrescente de acordo com os ganhos. Além disso, permite a visualização de todo o histórico das operações efetuadas durante a simulação, para que seja possível verificar o desempenho de cada agente competidor em relação às suas estratégias de investimento.

A partir da criação do MASSES decidiu-se organizar uma competição que permite a participação de diferentes agentes investidores com diversas estratégias para realizar investimentos em períodos pré-determinados de tempo. Dessa forma, será possível avaliar seus resultados. As simulações são jogos em que o vencedor é o agente investidor que conseguir acumular mais dinheiro ao final.

3.2 Arquitetura

A arquitetura do MASSES é apresentada na Figura 2. Pode-se perceber que o simulador é composto por duas camadas: mercado de valores e interface com os investidores. A primeira camada possui os seguintes componentes: bolsas de valores, empresas, bens mobiliários, corretora de valores e investidores. A bolsa de valores é uma organização responsável por manter e controlar todas as transações entre os agentes investidores. As empresas são entidades representantes das empresas de capital aberto que disponibilizam bens mobiliários, no caso, ações negociadas na bolsa de valores, enquanto que a corretora de valores é um agente responsável por efetivar as transações de compra e venda. Os investidores são representados por agentes de software responsáveis por analisar e decidir quando e como a sua carteira de investimento deve ser negociada, ou seja, quando e quanto adicionar ou remover ativos da carteira, a partir da estratégia que indica quais ações irão proporcionar maior rentabilidade com menor risco no futuro. As estratégias definidas refletem o perfil dos agentes investidores, como, por exemplo, perfis mais agressivos, que visam um lucro maior no curto prazo e com maior risco de perda, enquanto perfis mais conservadores desejam lucrar, não necessariamente em curto prazo, desde que com menor risco.

A camada interface com os investidores possui quatro componentes que representam as formas de acesso ao simulador: investimento, consulta, administração do investidor e administração do simulador. O primeiro componente permite que um usuário inicie e acompanhe o desempenho dos seus agentes no simulador. O componente consulta permite que o usuário possa consultar resultados de jogos passados para analisar o desempenho do seu agente, enquanto o componente administração do investidor permite aos usuários administrarem seus dados pessoais e os dados dos seus agentes. Já o componente administração do simulador permite a liberação e bloqueio do acesso dos usuários à aplicação, além do acompanhamento de jogos em execução.

MASSES (Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation)

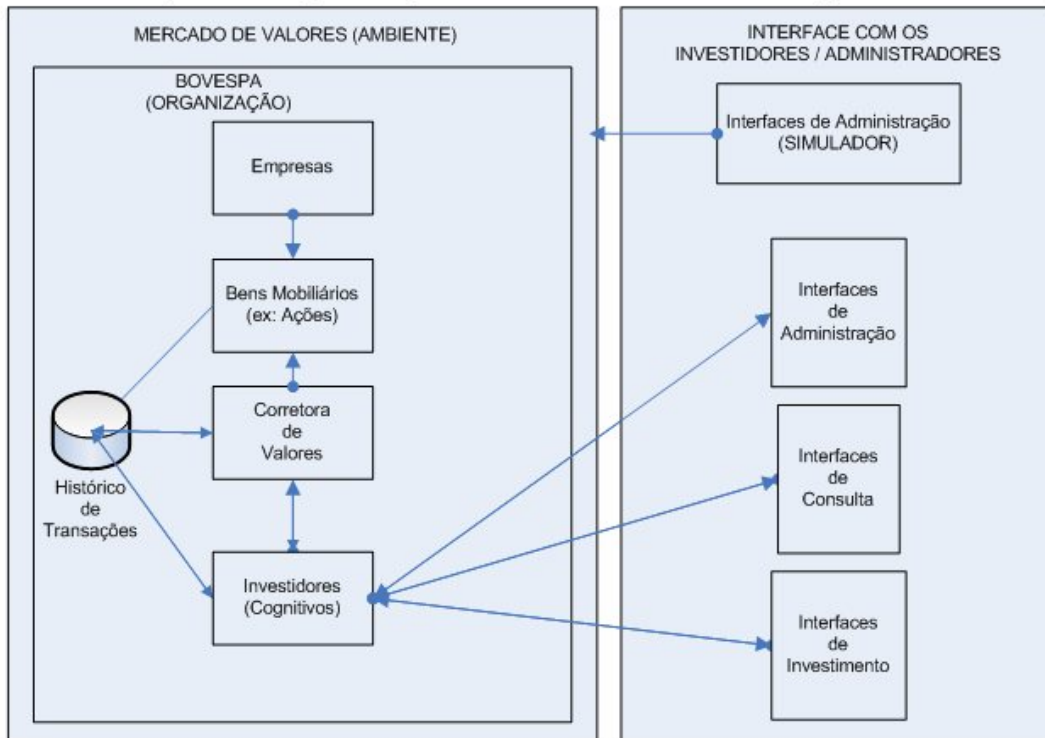


Figura 2. Arquitetura MASSSES.

3.3 Estratégias para Implementação de Agentes

As principais dúvidas do investidor humano nos dias de hoje, são: quando comprar ações, quando vendê-las, quanto comprar e quanto vender. Para as duas primeiras perguntas, os investidores podem utilizar os conceitos fundamentalista e análise técnica [Noronha, 1995]. O primeiro conceito é um tipo de análise em que o investidor estuda o histórico da empresa, as notícias veiculadas na mídia sobre a mesma, balanço comercial, entre outros fatores. Geralmente, esse tipo de investidor compra ações de uma determinada empresa pensando em acompanhar o crescimento da mesma e em vender as ações no longo prazo. Já o segundo conceito, análise técnica, representa um tipo de análise em que o investidor foca somente no desempenho da empresa nos gráficos disponibilizados pela bolsa de valores. O investidor de análise técnica geralmente não está preocupado com o desempenho comercial da empresa e sim com o seu desempenho na bolsa de valores. Na maior parte da vezes, investidores que utilizam esse método de

análise permanecem pouco tempo com as ações adquiridas, variando entre minutos e poucos meses.

Para as perguntas quanto comprar e quanto vender, o investidor deve utilizar a experiência e os conhecimentos adquiridos através de estudos. Como o período da competição MASSES varia em torno de um ano, a análise técnica é o tipo de análise que deve prevalecer nos agentes. Sendo assim, as técnicas utilizadas a partir dessa metodologia devem ser melhor aprofundadas pelos interessados em utilizar o MASSES, para que assim possa desenvolver e testar os seus agentes.

Os gráficos de desempenho são os gráficos com as cotações de abertura, fechamento, máxima e mínima de um ativo (ex: PETR4) em um determinado período (diário, semanal, mensal, etc.). A análise técnica não foca em padrões matemáticos nos gráficos e sim nos padrões comportamentais dos investidores. A partir da análise dos gráficos é possível determinar se o mercado está apreensivo, relaxado, comprando, vendendo, etc.

O grande diferencial da análise técnica é identificar pontos de compra ou venda a partir do comportamento dos investidores, expressados nos gráficos de desempenho dos ativos no período, utilizando técnicas como: *candles*, linhas de tendência, suportes e resistências, indicadores (médias móveis, volume, etc.), entre outras.

As técnicas de análise apresentadas acima podem ser aliadas a técnicas de ESSMA e inteligência artificial na elaboração da estratégia dos investidores. Exemplos dessas técnicas são: (i) lógica fuzzy: pode ser utilizada para categorizar as técnicas de análise e escolher as melhores opções disponíveis, (ii) algoritmos de aprendizado, como redes neurais. (iii) conceitos de reputação e confiança, que podem ser utilizados em conjunto com algoritmos de aprendizado para determinar as melhores empresas para investimento.

Visando apresentar um exemplo de agente investidor, a seguir será detalhada uma estratégia testada no simulador, além dos resultados obtidos a partir dos testes realizados.

3.3.1 Agente Investidor

O agente investidor foi desenvolvido como prova de conceito do simulador, ou seja, mostrar que é possível desenvolver um agente de software capaz de implementar estratégias de investimento, utilizando as mais diversas tecnologias, no caso: ESSMA, inteligência artificial e análise técnica para obter maior rentabilidade a partir do capital disponível para investimento.

A estratégia criada foi definida em duas camadas: Na primeira camada, a tendência do ativo (ação da bolsa) é calculada. Somente ativos em tendência de alta serão considerados para a próxima camada. Para determinar a tendência dos mesmos, os indicadores direcionais, chamados de IDs, positivos e negativos são calculados. A tendência de alta é determinada quando o +ID é maior que -ID. Sendo,

$$+ID = \text{Media (DifPos)} \text{ e } -ID = \text{Media (DifNeg)},$$

onde DifPos e DifNeg são calculados a partir da diferença positiva e negativa, respectivamente, entre o preço de fechamento da data atual e o preço de fechamento da data

anterior em 120 períodos. Já a função Media representa a média aritmética das diferenças.

Na segunda camada, são calculadas as médias móveis de 5 e 21 períodos anteriores a data da análise, além do SAR (Stop and Reverse), que é um indicador utilizado para determinar os pontos de compra e venda. O SAR é calculado a partir dos 10 últimos períodos do histórico, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{SAR} = \text{SARDtAnt} + (\text{FA} * (\text{PMAnt} - \text{SARDtAnt})),$$

onde SARDtAnt é o SAR calculado para a data anterior a data da análise, FA é o fator de aceleração (fixado em 0,2) e PMAnt é o preço máximo do ativo atingido na data anterior a data da análise. O SAR da décima data anterior é definido como sendo o preço máximo alcançado nessa data.

Conforme ilustrado na Figura 3, operações de compra são caracterizadas quando a média de 5 (linha vermelha) cruza com a média de 21 (linha amarela) de baixo para cima, ou seja, o valor da média de 5 torna-se maior que a de 21, e o valor do SAR (pontilhado laranja) for inferior ao preço de fechamento do ativo na data da análise. Já as operações de venda são caracterizadas quando a média de 5 cruza com a média de 21 de cima para baixo e o valor do SAR for maior que o preço de fechamento na data da análise.



Figura 3. Gráfico exibindo pontos de compra (seta verde) e venda (seta vermelha)

Após a análise das opções de investimentos em camadas, o agente emite ordens de compra para cada operação de compra indicada pelos cálculos. A quantidade de ações é determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$P / S,$$

onde P é 2% do patrimônio total e S é a diferença entre o valor unitário do ativo no dia da análise e o SAR. Enquanto, as ordens de venda são emitidas quando os cálculos re-

lativos aos ativos presentes na carteira indicam a operação de venda, neste caso, a quantidade vendida sempre será o total de ações deste ativo na carteira.

4 Testes Realizados

Os testes foram realizados a partir do período de 15/07/2004 até 15/07/2005 para o ativo PETR4 a partir do agente investidor mencionado na subseção 3.3.1. O motivo para a escolha desse período é que ele compreende um período de alta, que não é absoluto, ou seja, possui também subdivisões de tempo em que o desempenho do ativo cai e se mantém num movimento lateral, ou seja, altas e baixas de pouco impacto. Para poder apresentar os resultados de forma simples, a estratégia definida na seção anterior foi modificada para emitir sempre ordens de compra com o valor fixo de R\$ 20.000,00.

A Tabela 1 indica todas as ordens de compra e venda de ações, já com os percentuais de ganho e perda.

Tabela 1. Histórico das operações de compra e venda do agente investidor

PETR4 - 15/07/2004 até 14/07/2005					
Capital Inicial:	20.000,00				
Capital final:	25.869,48				
Data da Operação	Ativo	Quantidade	Valor	Operação	Ganho/Perda (%)
14/07/2005	PETR4	203	108,00	VENDA	9,98
14/07/2005	PETR4	204	108,00	VENDA	10,19
20/05/2005	PETR4	203	98,20	COMPRA	-
19/05/2005	PETR4	204	98,01	COMPRA	-
15/03/2005	PETR4	212	104,00	VENDA	10,29
31/01/2005	PETR4	212	94,30	COMPRA	-
06/01/2005	PETR4	209	93,00	VENDA	-2,72
16/12/2004	PETR4	209	95,60	COMPRA	-
09/12/2004	PETR4	208	90,41	VENDA	-5,53
01/12/2004	PETR4	208	95,70	COMPRA	-
17/11/2004	PETR4	211	92,04	VENDA	-2,71
08/11/2004	PETR4	211	94,60	COMPRA	-
28/10/2004	PETR4	212	92,99	VENDA	-1,38
27/10/2004	PETR4	212	94,29	COMPRA	-
TOTAL	-	-	-	-	18,13

Ao analisar a tabela é possível constatar que nem todas as operações foram bem sucedidas, mas vale ressaltar que no mercado de valores não se ganha sempre. O objetivo é ganhar mais do que se perde, sendo que quando há ganhos, ganha-se em média de 10% a 20% e quando há perdas, perde-se em média de 1% a 3%.

A Figura 4 representa o gráfico de *candles*, com as marcações de indicação de compra (setas verdes) e de venda (setas vermelhas), SAR (em laranja), tendência de alta (verde), médias de 5 (em vermelho) e 21 (em amarelo) exibidas no mesmo.

Verifica-se que o agente investidor analisou este ativo de acordo com a sua estratégia. No período de 15/07/2004 até 25/10/2004 o ativo não apresentava tendência de alto, sendo assim somente a primeira compra efetuada, a partir da detecção de uma tendência de alta, no dia 27/10/2004. Sempre respeitando as regras de cruzamento das médias e o SAR, o agente investiu nos pontos determinados pela sua estratégia e mesmo que algumas das operações não tenham sido lucrativas, o agente consegue minimizar as suas perdas e maximizar os seus ganhos. O retorno de investimento foi de 18,13%, sempre investindo a mesma quantia correspondente a R\$ 20.000,00 (em lotes de 1 ação) por ordem de compra, e se fossem utilizadas técnicas e estratégias mais elaboradas seria possível determinar pontos e quantidades de compra e venda de maneira ainda mais precisa.



Figura 4. Gráfico do período analisado nos testes.

5 Considerações Finais

Esse artigo apresentou o sistema Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation responsável por simular um ambiente de negociação na bolsa de valores onde agentes podem comprar e vender ativos. Percebeu-se que diferentes estratégias podem ser representadas a partir dos agentes investidores, e que a partir do simulador e das condições de mercado cada estratégia pode ser mais ou menos eficiente.

Como o mercado da Bolsa de Valores é um domínio dinâmico, complexo e amplamente aplicado na indústria, acredita-se que o MASSES será um estímulo de estudo para pesquisadores tanto da área de sistemas multi-agentes, como também de outras áreas.

Pretende-se realizar três extensões no simulador. A primeira extensão é a representação do conceito reputação. Um agente investidor poderá solicitar opiniões para outros investidores sobre ações na bolsa de valores. A partir das opiniões fornecidas, cada agente poderá determinar a reputação dos outros agentes usados nas negociações.

A segunda extensão do simulador é a divisão da competição em duas partes: uma com apenas agentes investidores, e outra com agentes representando o papel corretora de valor. A primeira parte é similar a competição mencionada no artigo, exceto pelo caso em que o investidor poderá solicitar indicações de compra para diferentes corretoras. Tais corretoras, que fazem parte da segunda competição, serão representadas por agentes de software que possuem a finalidade de indicar aos investidores quais seriam

os ativos mais interessantes para compra e, o quanto deveriam investir. Já a terceira extensão, visa simular os jogos em tempo real, ou seja, durante alguns meses realizar simulações a partir dos dados usados no mundo real e no mesmo período.

Duas lições foram aprendidas com esse trabalho. A primeira foi a comprovação de que agentes de software realmente podem ser usados em domínios da indústria. Segundo a abordagem definida, é possível analisar as estratégias de investimento em um ambiente seguro, antes mesmo de usá-las no mundo real. Já a segunda lição é referente a dificuldade e o desafio de simular situações que reflitam a realidade. Para resolver esse problema, diversos estudos foram realizados para que as estratégias participantes pudessem gerar resultados realmente condizentes com a realidade do mercado.

Referências

Collins, J., Arunachalam, R., Sadeh, N., Eriksson, J., Finne, N., Janson, S. (2008) "Trading Agent Competition Home Page", <http://www.sics.se/tac>, Julho.

Fullam, K., T. Klos, G. Muller, J. Sabater, Z. Topol, K. S. Barber, J. Rosenschein, and L. Vercouter (2007), Web site Agent Reputation Trust (ART) Testbed, <http://www.lips.utexas.edu/art-testbed/>, Julho.

Fullam, K., Klos, T., Muller, G., Sabater, J., Topol, Z., Barber, K. S., Rosenschein, J., and Vercouter, L. (2008) "Agent Reputation Trust (ART) Testbed Home Page", <http://www.art-testbed.net/>, Junho.

MetaQuotes Software Corp, Forex Capital Markets LLC (FXCM), Interbank FX LLC, FXDD and TRADERS' journal (2008) "Automated Trading Championship", <http://championship.mql4.com/2008>, Junho.

Costa, Andrew D., Lucena, Carlos J. P., Silva, Viviane T., Azevedo, Sérgio C., Soares, Fábio A. (2008) "Computing Reputation in the Art Context: Agent Design to Handle Negotiation Challenges", Trust in Agent Societies workshop, The Seventh International Conference on Autonomous Agents and Multiagent System (AAMAS'08), Estoril, Portugal.

Costa, Andrew D., Soares, Fábio A., Azevedo, Sérgio C., Lucena, Carlos J. P., Silva, Viviane T. (2007) "Zé Carioca LES - Finalista da Competição Agent Reputation Trust (ART) Testbed", SEAS Workshop, XXI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2007.

MetaQuotes Software Corp. (2008) "MetaQuotes Language 4 Documentation", <http://docs.mql4.com/?source=champ.01.07>, Julho.

Jennings, N, Wooldridge, M. (1999), **Agent-Oriented Software Engineering**; Proceedings of the 9th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World: Multi-Agent System Engineering (MAAMAW-99), Vol. 1647, Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, 1-7.

Ministério da Fazenda (2008) "Comissão de Valores Mobiliários", <http://www.cvm.gov.br/>, Julho.

Forex (2008) "Alpari (UK) Limited", <http://www.alpari-idc.com/en/about/forex.html>, Julho.

Wooldridge, M. and Jennings (1998), "N. R. Pitfalls of agent-oriented development" Proceedings of the Second International Conference on Autonomous Agents (Agents'98), ACM Press, pp. 385-391.

BOVESPA (2008) “Bolsa de Valores do Estado de São Paulo”, <http://www.bovespa.com.br/>, Julho.

Noronha, Mácio (1995) “Análise Técnica: Teóricas, Ferramentas e Estratégias”, Editora de Livros Técnicos Ltda. 1ª ed. 1995.